ХРАНЕНИЕ КОМБИКОРМОВ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

ХРАНЕНИЕ КОМБИКОРМОВ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

МОСКВА «КОЛОС» 1982

ББК 36.824
Х90
УДК 636.085.55:631.563

Авторы: *Л. И. Карецкас, Н. Я. Феста, Т. И. Фетисова, И. П. Александрова, В. Я. Семашко, В. Б. Карпавичюте, Л. А. Гелашвили, Е. М. Голик, Г. Ф. Федорова, Н. П. Черняев.*

Рецензенты: заместитель министра заготовок СССР *М. Л. Тимошишин,* ст. научный сотрудник ВНИИЗ *А. Е. Баум.*

Х90 **Хранение** комбикормов и их компонентов/ Л. И. Карецкас, Н. Я. Феста, Т. И. Фетисова и др. — М.: Колос, 1982. — 223 с., ил.

В книге дана подробная характеристика основных видов сырья и микродобавок, используемых в комбикормовой промышленности. Особенно большое внимание уделено травяной муке. Приведены режимы и способы хранения, показаны процессы, протекающие в период хранения, которые влияют на качество сырья и комбикормов. Специальная глава посвящена технологии хранения компонентов комбикормов в регулируемых газовых средах. Описана организация контроля за приемкой, размещением, хранением, отпуском комбикормов и их ветеринарно-санитарным состоянием.

Рассчитана на научных работников, ведущих исследования в области хранения комбикормов и их компонентов.

$Х\frac{2911000000-137}{035(01)-82}$ 185—82

ББК 36.824
636.04

© Издательство «Колос», 1982

ОТ АВТОРОВ

XXVI съезд КПСС принял решение о дальнейшем росте благосостояния советских людей на основе устойчивого поступательного развития народного хозяйства, перевода экономики на интенсивный путь развития.

В разрабатываемой продовольственной программе предусмотрено значительное увеличение производства сельскохозяйственной продукции, более тесное смыкание сельскохозяйственного производства с отраслями, занимающимися хранением и переработкой сельскохозяйственной продукции и сырья.

В решении продовольственной программы значительное место отводится дальнейшему развитию комбикормовой промышленности, как государственной, так и колхозно-совхозной. Для этого необходимо, прежде всего, увеличить производство белково-витаминных добавок с тем, чтобы обеспечить развитие колхозно-совхозных предприятий, повышение качества комбикормов, вырабатываемых из зернофуража в самих хозяйствах. При этом значительно сокращаются затраты на перевозку сырья, уменьшаются потери, снижается стоимость комбикормов.

Предусмотрено также на 13...15 % увеличить производство комбикормов на государственных предприятиях, в частности производство комбикормов для молодняка сельскохозяйственных животных промышленных комплексов, рыбы, пушных зверей.

Постепенный перевод животноводства на промышленную основу, укрупнение и специализация хозяйств, улучшение породности скота и птицы потребовали коренной перестройки комбикормовой промышленности.

Сохранить имеющееся в распоряжении нашей страны сырье, предназначенное для выработки комбикормов, — дело большой государственной важности. Для этого будут совершенствоваться имеющиеся хранилища, склады, силосы, способы хранения, средства транспортирования сырья всеми видами транспорта — железнодорожного, автомобильного, водного, морского. Будут внедрены специализированный и контейнерный транспорт и механизированы погрузочно-разгрузочные работы с сырьем и комбикормами. Постоянное внимание будет уделено строительству современных складов для всех видов сырья и готовой продукции.

Представляемая читателям книга посвящена актуальным вопросам хранения ряда исходных сырьевых компонентов, а также премиксов, комбикормов, белково-витаминных добавок как в обычных условиях, так и с использованием искусственного холода и регулируемых газовых сред на основании исследований, проведенных авторами.

Глава 1

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПОНЕНТОВ КОМБИКОРМОВ И СПОСОБОВ ИХ ХРАНЕНИЯ

В состав комбикормов входят разнообразные компоненты растительного, животного и минерального происхождения, а также различные продукты химической и микробиологической промышленности.

Очень важно, чтобы общая питательность и биологическая активность перечисленных компонентов не были снижены в период хранения, предшествующий их использованию. Производство полноценных комбикормов, сбалансированных по всем элементам питания, возможно только на базе высококачественного сырья, полностью удовлетворяющего требованиям соответствующих стандартов или технических условий.

Принципы, определяющие технологию хранения различных компонентов комбикормов, в основном одинаковы. Они заключаются в создании условий, снижающих скорость химических реакций в хранящихся продуктах и препятствующих развитию в них микроорганизмов и вредителей хлебных запасов. В практике этого обычно достигают, снижая влажность и температуру продуктов. Однако режимы, способы и возможные сроки хранения зависят от природы продукта — его химического состава, биохимических особенностей и физико-механических свойств. Один и тот же вид сырья, но полученный из разных почвенно-климатических зон (например, зерно) или от предприятий, использующих разные технологические схемы (при производстве рыбной, мясо-костной муки), может иметь свои специфические особенности. В связи с этим в течение ряда лет ведется работа по изучению качества сырья комбикормовой промышленности применительно к конкретным районам производства. Результаты этой работы важны не только для правильного составления рецептов комбикормов. Отдельные показатели, как, например, дефекты зерна (морозобойность, повышенная засорен-

ность), увеличенное содержание жира в сырье животного происхождения и другие, должны учитываться и при хранении этого сырья.

Выбор способа хранения и необходимых для этого технических средств зависит также от количества хранимого продукта. Процент включения разных компонентов в состав комбикормов различен, а поэтому и запасы этих компонентов, необходимые предприятию, тоже могут быть неодинаковы. Так, например, комбикормовому заводу приходится хранить сотни тонн зернового сырья, являющегося главной составной частью комбикорма, значительно меньшие количества таких ценных продуктов, как дрожжи, рыбная мука и некоторые другие, а запасы различных микродобавок могут выражаться всего в килограммах.

РЕЖИМЫ И СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ КОМБИКОРМОВОГО СЫРЬЯ

Основные режимы хранения комбикормового сырья: хранение его в сухом состоянии при влажности ниже критической и в охлажденном состоянии, т. е. при температуре, подавляющей жизнедеятельность микроорганизмов и вредителей хлебных запасов и достаточно сильно снижающей скорость биохимических реакций.

Для осуществления указанных режимов используют климатические и погодные условия, сушку, различные способы охлаждения — проветривание, активное вентилирование атмосферным воздухом, искусственный холод. Кроме того, для повышения стойкости сырья в хранении применяют очистку его от примесей, обеззараживание от вредителей хлебных запасов (насекомых и клещей) и др. Однако перечисленные режимы применяют при хранении зерна, но они мало приемлемы для таких продуктов, как негранулированные травяная, рыбная, мясо-костная мука, шроты, кормовые мучки и некоторые другие. В практике работы комбикормовых заводов хранение указанных продуктов обычно основывается на естественном охлаждении. Однако далеко не всегда погодные и климатические условия позволяют своевременно охладить названные продукты или предотвратить их увлажнение, так как многие из них обладают значительной гигроскопичностью.

Компоненты комбикормов хранят в силосах и скла-

дах, насыпью или в упаковке. Высоту насыпи или штабеля меняют в зависимости от влажности и температуры продукта, его стойкости в хранении. Этот несложный прием позволяет в некоторой степени регулировать условия аэрации и тепло-влагообмена в массе хранящегося продукта.

Интенсификация животноводства предъявляет все более высокие требования к качеству комбикормов, а следовательно, и к сырью, используемому для их производства. Помимо того, что компоненты комбикормов должны полностью соответствовать требованиям стандартов по основным показателям химического состава (влажность, протеин, жир, клетчатка, зола), в них должны быть максимально сохранены витамины, незаменимые аминокислоты, качество жира, нативное состояние белковых веществ. В связи с этим, кроме традиционных способов, в последние годы находят все более широкое применение и другие способы хранения — использование регулируемых газовых сред (РГС), различных антиокислителей и консервирующих средств.

В настоящее время разработаны различные способы создания РГС с низким содержанием кислорода для хранения пищевых и кормовых продуктов. С помощью специальных устройств регулируют газовый состав среды (соотношение кислорода, азота и углекислого газа) в зависимости от объекта хранения, времени года и других факторов. Технология получения РГС и опыт применения их при хранении компонентов комбикормов рассматриваются в последующих главах.

Другой способ защиты компонентов комбикормов от отрицательного влияния на них окислительных процессов — применение антиокислителей.

Механизм действия наиболее распространенных антиокислителей состоит в разрыве цепи окислительных реакций. Молекулы антиокислителя взаимодействуют с активными радикалами, имеющимися в составе продукта. В результате возникают радикалы мало активные, не вступающие в реакцию с молекулами исходного окисляющегося вещества, например каротина. Таким образом, процесс окисления замедляется или прекращается, а сам антиокислитель постепенно расходуется.

Эффективность стабилизирующего действия антиокислителей по отношению к продукту зависит от химической природы самого антиокислителя, дозировки,

в которой он используется, химического состава и условий хранения продукта — его влажности и температуры, доступа света и кислорода. Очень важны физико-технологические свойства антиокислителя (растворимость, вязкость, сыпучесть и др.), от которых зависят его правильное дозирование и равномерное распределение в продукте. Большое значение имеет сохраняемость антиокислителя в продукте, т. е. период времени, в течение которого он оказывает свое стабилизирующее действие.

Антиокислители применяют для стабилизации технических жиров, каротина в травяной муке, жира в рыбной муке и т. д. Введение антиокислителей в состав комбикормов повышает сохранность в них витаминов.

КОМБИКОРМОВОЕ СЫРЬЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

На долю сырья растительного происхождения приходится более 85 % от массы комбикорма. К нему относятся:

зерно хлебных злаков и бобовых культур; побочные продукты и отходы, получаемые при переработке зерна этих культур (отруби, кормовые мучки, зародыши, зерновые отходы и проч.); побочные продукты переработки масличных семян (шроты, жмыхи, фосфатидные концентраты); побочные продукты сахарной, крахмало-паточной, бродильной промышленности; травяная, хвойная мука, мука из древесной зелени; прочие виды сырья — мука из водорослей, отходы от производства плодово-ягодных соков, отходы от переработки эфирно-масличного сырья и др.

ЗЕРНО ХЛЕБНЫХ ЗЛАКОВ И СЕМЕНА БОБОВЫХ КУЛЬТУР

Зерно хлебных злаков. Характеризуется высоким содержанием легко переваримых питательных веществ. Широко используется в рационах всех сельскохозяйственных животных, и особенно в промышленном свиноводстве и птицеводстве. В рецептах комбикормов зерно хлебных злаков составляет более 50 %. Оно богато

углеводами (до 80 %), в частности крахмала содержится от 45 % у овса, до 70 % у кукурузы. Согласно общепринятой зоотехнической оценке химического состава кормов, крахмал относят к безазотистым экстрактивным веществам (БЭВ), которые в основном и определяют энергетическую ценность корма. Выраженная в кормовых единицах*, она составляет от 0,96 корм. ед. в 1 кг овса до 1,33 корм. ед. в 1 кг кукурузы.

Азотистые вещества зерна (сырой протеин) в основном представлены белками. Содержание сырого протеина в кормовом зерне колеблется от 7...8 до 13...14 %. Наибольшее содержание белка у пшеницы, наименьшее — у кукурузы. Белки зерна хлебных злаков недостаточно полноценны по содержанию незаменимых аминокислот, труднее растворяются и перевариваются в организме животных, чем белки семян бобовых и масличных культур или белки сырья животного происхождения.

Пшеница, рожь, ячмень содержат около 2 % жира, а овес, кукуруза, просо — до 5...6 %.

Содержание клетчатки различно в зависимости от морфологического строения зерна — у голозерных культур (пшеница, рожь, кукуруза) оно составляет 2...2,5 %, а у пленчатых (овес, ячмень, просо) — от 4,5 % у ячменя до 10...12 % и более у овса. Также и содержание в зерне минеральных веществ (золы) меньше у голозерных культур (1,5...1,7 %) и больше у пленчатых (до 3 %). Основные минеральные элементы зерна — калий и фосфор. В оболочках ячменя, овса и особенно проса содержится много кремния. В небольшом количестве в зерне имеются и другие макроэлементы (кальций, магний, натрий, хлор, сера), а также разнообразные микроэлементы — железо, медь, марганец, цинк и др.

Семена бобовых культур. Резко отличаются от зерна хлебных злаков по своему строению и химическому составу.

Семена бобовых культур содержат в 2...3 раза больше белка, чем зерно хлебных злаков. Белки бобо-

---

* За кормовую единицу в Советском Союзе принята питательность 1 кг овса среднего качества с натурой 450...480 г/л при влажности 13 %.

вых, преимущественно глобулины и альбумины, обладают более высокой биологической ценностью, чем белки зерна хлебных злаков, — они богаче незаменимыми аминокислотами (кроме метионина) и благодаря хорошей растворимости в воде и водно-солевых растворах легче усваиваются организмом животных. Особенно ценны белки сои, по своей питательности они близки к белкам молока. Семена большинства бобовых (горох, вика, кормовые бобы, чина и др.) содержат 55...60 % углеводов, главным из которых является крахмал — 40...50 % от массы семени.

Содержание жира в семенах большинства бобовых незначительно — 2...3 %. Исключение составляют семена сои и арахиса, являющиеся масличными культурами. Содержание углеводов в них незначительно. На кормовые цели используют не семена сои и арахиса, а жмыхи и шроты, оставшиеся после извлечения из них пищевого масла. Общая питательность семян бобовых культур, выраженная в кормовых единицах, близка к питательности зерна хлебных злаков. В производстве комбикормов в нашей стране наиболее часто используют горох. Использование семян вики, чины, кормовых бобов и люпина ограничивается ввиду содержания в них веществ, вредных для организма животных (гликозидов, алкалоидов и др.).

Зерно, предназначенное для комбикормов, должно удовлетворять приведенным в стандартах требованиям по влажности, засоренности, зараженности и органолептическим показателям.

Возможные сроки хранения зерна без ухудшения качества зависят от его влажности и температуры. На основании результатов многочисленных исследований и практики хранения зерна эти сроки примерно определены и выражены в номограммах (рис. 1 и 2). Критическая влажность зерна зависит от его химического состава. Чем больше зерно содержит гидрофильных коллоидов (белков, крахмала), тем больше влаги в нем может находиться в связанном состоянии и, следовательно, тем выше будет уровень критической влажности зерна. Увеличение количества жира в зерне, не связывающего воду, ведет к снижению критической влажности. У пшеницы, ржи, ячменя зона критической влажности находится в пределах 14,5...15,5 %, у кукурузы и проса, которые содержат больше жира, —

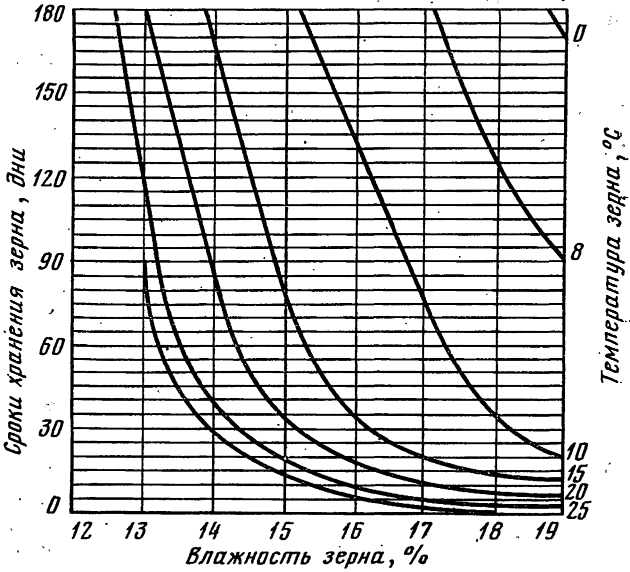

Рис. 1. График для определения безопасных сроков хранения зерна пшеницы, ржи, ячменя.

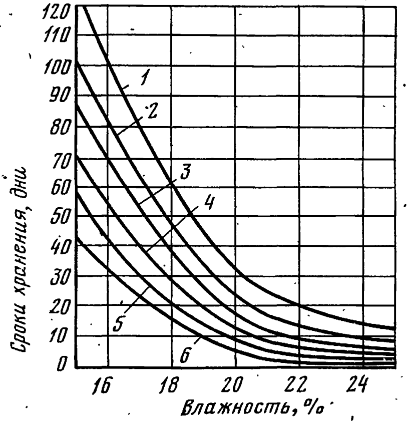

Рис. 2. График для определения безопасных сроков хранения кукурузы в зерне:

1 — 0 °C; *2* — 5 °C; *3* — 10 °C; *4* — 15 °C; *5* — 20 °C; *6* — 25 °C.

12,5...13,5 %, а у зерна бобовых, которые богаче белком, — 15...16 %.

Повышение влажности выше критической вызывает резкое увеличение физиолого-биохимической активности зерна, и прежде всего интенсивности его дыхания. Дыхание, как известно, сопровождается выделением тепла и в связи с плохой теплопроводностью зерна может вызвать его самосогревание и порчу. Своевременное и правильно проведенное охлаждение позволяет законсервировать зерно, имеющее влажность и выше критической. Охлажденным считают зерно с температурой не более 10 °С. Возможность ухудшения качества зерна при хранении зависит и от режима его аэрации. При этом аэрация, не сопровождающаяся снижением температуры или влажности зерна, лишь усиливает его дыхание и способствует самосогреванию зерна.

Интенсивность дыхания и стойкость в хранении зависят и от качества самого зерна. Зерно недозрелое, щуплое, морозобойное или подвергавшееся прорастанию обладает повышенной ферментативной активностью, содержит больше низкомолекулярных органических веществ — сахаров, свободных жирных кислот и др. Такое зерно интенсивно дышит, является прекрасной средой для микроорганизмов. Легко поражается плесневыми грибами и усиленно дышит также зерно с большим количеством механических повреждений и повышенной засоренностью.

При благоприятных условиях микроорганизмы на хранящемся зерне начинают бурно развиваться. При этом наиболее интенсивно развиваются плесневые грибы, которые менее требовательны к условиям внешней среды, чем бактерии. Ухудшение качества зерна при хранении вызывают главным образом грибы из родов *Aspergillus* и *Penicillium,* которые потому и названы «плесени хранения». В настоящее время установлено, что многие виды плесневых грибов, развиваясь на зерне, образуют в процессе своей жизнедеятельности ядовитые вещества — микотоксины. Образование плесневыми грибами токсических веществ наиболее интенсивно происходит на зерне с повышенной влажностью при температуре 25...30 °С. Зерно, содержащее микотоксины, вызывает тяжелые отравления, необратимые патологические изменения в организме животных. Особенно опасными, обладающими канцерогенными свой-

ствами оказались токсины, образуемые грибом *Asp. flavus*, — афлатоксины. При оптимальных условиях (температура зерна 27 °С, влажность 18,5 %) афлатоксины образуются в течение 4...10 дней. Своевременное снижение влажности и температуры зерна, недопущение его плесневения и самосогревания — вот основные условия, препятствующие приобретению зерном токсических свойств. Режимы и способы обработки и хранения зерна, а также правила контроля за его качеством предусмотрены специальными инструкциями.

ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ МУКОМОЛЬНО-КРУПЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Побочные продукты, получаемые при переработке зерна в муку и крупу, состоят в основном из измельченных периферийных частей зерновки (оболочек, алейронового слоя, зародыша) и потому отличаются от исходного зерна меньшим содержанием крахмала и более высоким содержанием сырого протеина, жира, клетчатки, минеральных веществ и витаминов. Указанные продукты значительно менее стойки в хранении, чем зерно. Это объясняется тем, что, будучи сильно измельчены, они уже не имеют защитных покровов, как зерно, легко повреждаются микроорганизмами и вредителями хлебных запасов (клещами, насекомыми), обладают большой поверхностью соприкосновения с окружающей средой и, следовательно, легко доступны действию влаги и кислорода воздуха. Кроме того, эти продукты обладают повышенной ферментативной активностью, что объясняется наличием в их составе частиц зародыша, богатых ферментами. Вследствие меньшего содержания крахмала (БЭВ) и повышенного содержания клетчатки эти продукты уступают зерну по общей питательности. Побочные продукты при переработке зерна — это отруби, кормовые мучки, дробленка кормовая, зародыш и др. Наибольшее значение в производстве комбикормов имеют отруби и кормовые мучки.

Отруби. Чаще всего используют в комбикормах пшеничные и ржаные отруби, получаемые при сортовых и обойных помолах зерна. Норма ввода пшеничных отрубей в различные комбикорма от 10 до 55...58 %, ржаных — от 10 до 30 %. Отруби содержат 0,72...0,77

корм. ед. в 1 кг и около 11...12 % переваримого протеина. Отруби — хороший источник минеральных веществ, особенно фосфора, витаминов группы В, витамина Е. Кукурузные отруби беднее протеином, но обладают большей энергетической ценностью — 0,89 корм. ед в 1 кг. Отруби хранят и транспортируют насыпью или в мешках. Отруби требуют внимательного наблюдения при хранении, так как служат хорошей средой для развития плесневых грибов, многие из которых могут образовать токсичные вещества. Кроме того, значительное содержание жира и повышенная ферментативная активность создают условия для прогоркания отрубей. Влажность 15...16,5 %, которую часто имеют отруби, может при благоприятных температурных условиях способствовать их порче.

Мучки кормовые. Получают на мукомольных и крупяных заводах при переработке зерна различных культур — пшеницы, ржи, ячменя, проса, риса и др. Мучки кормовые содержат несколько больше крахмала, чем отруби. Они подвержены слеживанию, а также прогорканию, особенно рисовая и просяная. Мучки кормовые хранят и транспортируют насыпью или в мешках.

Пшеничный и кукурузный зародыш. Зародыш зерна хлебных злаков представляет собой природный концентрат ценных питательных веществ — белков, сахаров, жира и ряда биологически активных веществ, среди которых особенно велико содержание витамина Е, а также значительно содержание витаминов группы В.

Пшеничный зародыш. Технология выделения зародыша в процессе помола зерна давно разработана.

При правильном построении технологической схемы можно добиться выхода зародыша 0,2...0,3 % (по отношению к массе зерна) с чистотой 65...70 %.

Пшеничный зародыш — это мелкоизмельченный продукт, который содержит частицы эндосперма и оболочек.

Кукурузный зародыш. Получают двумя способами — способом мокрого отделения на крахмало-паточных предприятиях и способом сухого отделения на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах при переработке зерна кукурузы. Зародыш, вырабатываемый крахмало-паточными заводами, имеет очень высокое содержание жира — более 40 % и низкую влажность — около 6 %. Зародыш, получаемый способом

сухого отделения, содержит намного меньше жира и больше влаги. Кукурузный зародыш — это продукт серо-желтого цвета, содержащий крупные частицы зародыша с примесью эндосперма и оболочек.

По содержанию протеина и общей питательности кукурузный зародыш уступает пшеничному. Однако и тот и другой — это ценные, высокопитательные кормовые продукты с хорошими вкусовыми качествами.

Зародышевые продукты характеризуются бо́льшей питательностью и полноценностью (особенно пшеничный зародыш), чем зерно, из которого они получены.

Пшеничный зародыш содержит в 2,2...2,5 раза больше протеина и в 4...5 раз больше жира, чем зерно пшеницы и пшеничные отруби. Кукурузный зародыш содержит протеина и жира больше, чем зерно кукурузы.

Химический состав и питательность пшеничного и кукурузного зародыша зависят от химического состава и качества зерна, из которого они получены, чистоты зародышевого продукта, условий и сроков его хранения.

Особо следует отметить значение зародышевых продуктов как богатых источников витамина Е (токоферола).

Среднее содержание витамина Е в зерне хлебных злаков составляет от 2,63 до 4,07 мг%, в жмыхах и шротах — 2,20...2,64, в рыбной муке — 2,08, в мясокостной — 0,08 мг%.

Недостаток этого витамина вызывает у животных нарушение функции размножения, патологические изменения в мышечной, нервной тканях, в сосудистой системе.

Очень чувствительны к недостатку витамина Е птицы, особенно молодняк. Недостаточное содержание этого витамина в кормах птицы приводит к уменьшению оплодотворяемости яиц и выводимости из них молодняка, к мышечной дистрофии, расстройству движений и параличам, а у цыплят может возникнуть тяжелое заболевание — энцефаломаляция.

Витамин Е вводят в премиксы и БВД, обогащают им комбикорма для птиц, пушных зверей и племенных животных, используя для этого синтетический препарат — α-токоферолацетат.

В состав комбикормов рекомендуется вводить 5...10 % зародыша.

В зародыше сосредоточены наиболее ценные вещества зерна, и поэтому представляет интерес вопрос об

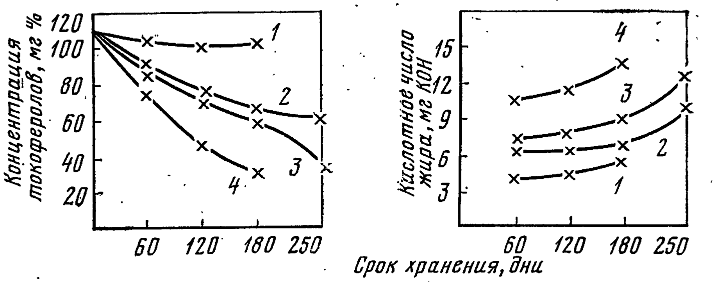

Рис. 3. Изменение качества кукурузного зародыша в зависимости от его влажности при хранении в складе: (по И. Н. Путиловой, Н. Я. Феста, Е. М. Голик)

а — изменение содержания токоферолов в жире зародыша; *б* — изменение кислотного числа жира; *1* — влажность зародыша $W = 7{,}0$ %; *2* — $W = 9{,}8$ %; *3* — $W = 11{,}7$ %; *4* — $W = 14{,}6$ %.

изменении его качества при различных условиях хранения. Основные процессы, ухудшающие качество зародыша при хранении, следующие: гидролиз и окисление жира и снижение содержания витамина Е.

На рисунке 3 показано влияние влажности на содержание витамина Е и кислотное число жира кукурузного зародыша, хранившегося на складе комбикормового завода.

Влажность 7 % обеспечивает хорошую сохранность витамина Е и жира в зародыше в течение шести месяцев. При влажности 9,8 и 11,6 % качество зародыша по органолептическим показателям также нормальное, но, как видно из рисунка, потери токоферола и кислотное число жира значительно возрастают. При влажности 14,6 % зародыш уже плесневел, потери токоферола за шесть месяцев достигли 72 %, кислотное число жира возросло в 4 раза.

Важный фактор, влияющий на сохранность витамина Е в зародыше, — температура. Это показали как лабораторные опыты, так и сопоставление потерь витамина Е и среднемесячных температур наружного воздуха при хранении кукурузного зародыша в неотапливаемом складе в течение восьми месяцев. В зависимости от влажности зародыша потери токоферола составляют от 3,5 до 16,8 % в месяц в теплое время года и от 0,9 до 6,5 % в месяц при небольших минусовых температурах наружного воздуха. Пшеничный зародыш еще более чувствителен к повышению влажности и темпера-

туры, что можно объяснить бо́льшей степенью измельченности этого продукта.

Хранение зародыша при низкой температуре в естественных условиях зимнего времени или в условиях искусственного холода позволяет значительно сократить потери витамина Е.

В ухудшении качества зародыша при хранении важную роль играют окислительные процессы.

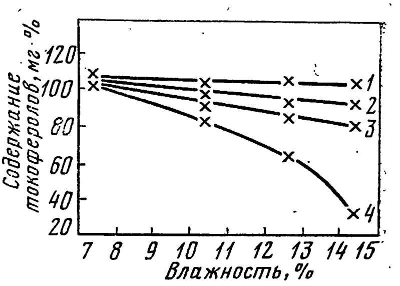

Рис. 4. Изменение содержания токоферолов в жире кукурузного зародыша различной влажности при обычном хранении и в РГС в течение 120 дней (по И. Н. Путиловой, Н. Я. Феста, Е. М. Голик):
1 — в РГС, содержащей 1 % кислорода; *2* — в РГС, содержащей 3 % кислорода; *3* — в РГС, содержащей 5 % кислорода; *4* — обычное хранение.

Хранение в РГС, содержащей 1 % кислорода, снижает потери токоферола в пшеничном и кукурузном зародыше в 7...9 и более раз по сравнению с обычным хранением (рис. 4), оказывает стабилизирующее действие на процессы гидролиза и окисления жира в зародыше, предохраняет его от поражения микроорганизмами. При этом чем больше влажность зародыша (в проведенных исследованиях от 7...8 до 15 %), тем выше эффективность хранения в РГС указанного состава.

Увеличение содержания кислорода в РГС до 5 % значительно снижает ее стабилизирующее действие.

Стойкость зародышевых продуктов при хранении может быть повышена и добавлением антиокислителей.

КОРМОВЫЕ ПРОДУКТЫ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Шроты и жмыхи. При переработке семян масличных культур получают побочные кормовые продукты: шрот и жмых. Главная масличная культура в СССР — подсолнечник. Подсолнечные шрот и жмых — важнейшие компоненты комбикормов. Они имеют высокий коэффициент переваримости, хорошо поедаются всеми видами сельскохозяйственных животных и птицы. В большом количестве поступают в комбикормовую промышлен-

ность также хлопковые шроты и жмыхи, значительно меньшее распространение имеют соевые, льняные, конопляные и др.

Содержание шротов и жмыхов в комбикормах для разных групп животных составляет от 10 до 35 %.

Шроты и жмыхи — это ценные, высокобелковые корма, содержание сырого протеина колеблется в них от 20 до 50 %. Наиболее богаты протеином (до 45...50 %) арахисовые, соевые и подсолнечные шроты и жмыхи. Протеин в этих продуктах содержит растворимых фракций и незаменимых аминокислот больше, чем протеин зерна хлебных злаков. Соевые шроты и жмыхи благодаря особенно высокой биологической ценности используют также для приготовления заменителей цельного молока. Наиболее низкое содержание протеина (около 20 %) у сафлоровых, кориандровых и кукурузных шротов и жмыхов.

Углеводы шротов и жмыхов представлены в основном клетчаткой, гемицеллюлозами, пентозанами, небольшим количеством сахаров и пектиновых веществ; жиры состоят преимущественно из ненасыщенных жирных кислот. Содержание минеральных элементов, и в частности калия, фосфора и кальция, в шротах и жмыхах значительно больше, чем в зерне хлебных злаков. По общей питательности основные виды шротов и жмыхов близки к зерновым кормам. Так, подсолнечные шроты и жмыхи содержат 1,09...1,15 корм. ед. в 1 кг, льняные — 1,02...1,13, соевые — 1,19...1,25, хлопковые — 1,00...1,11 корм. ед. в 1 кг. Чем больше содержится клетчатки в продукте, тем ниже его питательность. Содержание клетчатки в шротах и жмыхах зависит от способа переработки семян — если их шелушат перед извлечением масла, то в получаемых кормовых продуктах содержится меньше лузги и клетчатки и больше протеина. По стандарту жмых подсолнечный низколузговый должен содержать не более 4 % лузги и не менее 50 % сырого протеина в пересчете на абсолютно сухое вещество, а жмых обыкновенный — не более 15,5 % лузги и не менее 44 % сырого протеина. При переработке семян, имеющих толстые, грубые оболочки, получают шроты и жмыхи с высоким содержанием клетчатки и меньшей питательностью. Высоким содержанием клетчатки (28...37 %) и пониженной питательностью (0,56...0,8 корм. ед. в 1 кг) отличаются

шроты и жмыхи сафлоровые, кориандровые, клещевинные, конопляные. Некоторые виды шротов и жмыхов имеют специфические особенности, которые необходимо учитывать при использовании их на кормовые цели.

В хлопковых шротах и жмыхах нормируется содержание свободного госсипола, которое не должно превышать 0,02 % на абсолютно сухое вещество. Госсипол ($C_{30}H_{30}O_8$) и его производные — это ядовитые желто-оранжевые жирорастворимые пигменты, находящиеся в хлопковых семенах в особых включениях — госсиполовых железках. При переработке хлопковых семян под действием тепла и влаги токсичность масличного продукта резко снижается. Из хлопкового масла госсипол выводится в процессе рафинации, а в шротах и жмыхах он частично остается. В зависимости от содержания свободного госсипола в этих продуктах устанавливают процент включения их в состав комбикорма.

Клещевинный шрот может быть использован на кормовые цели, если он не содержит рицина — высокотоксичного вещества белковой природы, содержащегося в семенах клещевины.

В соевом шроте нежелательно наличие фермента уреазы. При определении активности уреазы в шроте учитывают изменение pH среды, происходящее за 30 мин в результате образования свободного аммиака, имеющего щелочную реакцию. Это изменение, выраженное в единицах pH, для тостированного (подвергнутого дополнительной влаготепловой обработке) соевого шрота не должно превышать 0,1.

Кормовые достоинства шротов и жмыхов, т. е. содержание в них биологически полноценных белков, состояние жировой фракции (степень гидролиза и окисленности жира), содержание витаминов и других биологически активных веществ, зависят от исходного качества сырья (масличных семян). На питательную ценность шротов и жмыхов, особенно на белковые вещества, влияют также технологические факторы, используемые в процессе извлечения масла из семян: влаготепловая обработка, высокие давления, развиваемые в прессах при отжиме масла, растворители, применяемые для экстракции масла. Определенные режимы влаготепловой обработки улучшают кормовые качества шротов: нерастворимые белковые вещества под действием тепла расщепляются, давая растворимые азотсодержа-

щие продукты, а вещества, вредные для животных, обезвреживаются: ядовитый белок рицин в семенах клещевины денатурируется и теряет свои токсические свойства, гликозид линамарин и фермент линаза в семенах льна разрушаются, частично удаляются летучие горчичные масла из рапсовых жмыхов и шротов. С помощью влаготепловой обработки разрушают содержащиеся в семенах сои ферменты уреазу и липоксигеназу, антипитательные вещества (ингибитор трипсина, соин, сапонины). Разрушение липоксигеназы, которая особенно активна в семенах сои, повышает устойчивость соевого шрота к прогорканию, способствует лучшей сохранности витамина Е.

Хранение шротов и жмыхов имеет свои особенности. После получения в производстве они обладают очень низкой влажностью и высокой температурой (у шротов 100...105 °С), шроты еще содержат некоторое количество растворителя (например, бензина). В таком виде эти продукты непригодны к хранению: масло, содержащееся в жмыхах и шротах, легко подвергается самоокислению кислородом воздуха, продукт прогоркает, кормовые достоинства его резко снижаются; реакции окислительного расщепления жира носят цепной характер и сопровождаются выделением тепла, что при неправильно организованном хранении или перевозках может привести к самосогреванию и даже самовозгоранию продукта. Чтобы выпускаемые шроты и жмыхи были более стойки в хранении, на маслозаводе их увлажняют и охлаждают, а также производят отгонку растворителя из шротов. Влажность, установленная стандартами для различных видов шротов и жмыхов, находится в пределах 7...10 %. При хранении или отгрузке потребителю (комбикормовому заводу, в сельское хозяйство) температура шротов и жмыхов должна быть не более 35 °С, а в летнее время она не должна превышать температуру наружного воздуха более чем на 5 °С. Содержание растворителя в шроте при его отгрузке должно быть не более 0,1 %. Гранулирование с предварительным обогащением липидами улучшает физическую структуру шрота, снижает его распыл при погрузочно-разгрузочных операциях и делает этот продукт менее взрывоопасным. Кроме того, в гранулированном шроте питательные вещества сохраняются несколько лучше, чем в негранулированном, у которого

больше активная поверхность соприкосновения с воздухом. С точки зрения стойкости шрота при последующем хранении важно, чтобы липиды, используемые для обогащения, были свежими, чтобы в них еще не начались окислительные процессы. Срок хранения этих липидов не должен быть более пяти суток.

Шроты и жмыхи размещают в складах насыпью или упакованными в мешки. Если эти продукты кондиционны по влажности и температуре, то допустимая стандартом высота насыпи при напольном хранении составляет 5 м, а высота штабеля из мешков — 3 м. При поступлении шротов и жмыхов с более высокой температурой их нужно охлаждать и размещать при небольшой высоте насыпи — 1...1,5 м. Жмыхи и шроты можно также хранить в силосах при высоте насыпи до 18 м. Чтобы сохранить сыпучесть этих продуктов, их рекомендуется периодически перемещать в свободный силос. Если в шроте обнаруживается запах бензина, то перед закладкой на хранение его необходимо проветрить, пропуская через цепочку транспортеров. Учитывая все вышесказанное, следует сделать вывод, что при хранении шротов и жмыхов нужно строго соблюдать установленные соответствующими инструкциями правила противопожарной безопасности.

В период хранения в зависимости от времени года и погодных условий влажность и температура шротов и жмыхов могут меняться, что, в свою очередь, влияет на интенсивность химических и микробиологических процессов, протекающих в этих продуктах. Опыт работы масложировых и комбикормовых заводов показывает, что шроты и жмыхи обладают значительной гигроскопичностью и, поступая на хранение обычно с низкой влажностью, поглощают влагу из окружающего воздуха. Установлено, что процесс сорбции влаги сопровождается выделением тепла и повышением температуры шрота и жмыха. Процессы окисления и полимеризации содержащегося в этих продуктах жира также протекают с выделением тепла, способствуя дальнейшему разогреванию продукта. Большую роль в развитии процессов самосогревания и ухудшения качества шротов и жмыхов играют также микроорганизмы.

В таблице 1 приведены данные о равновесной влажности рассыпного и гранулированного подсолнечного

шрота при различной относительной влажности воздуха.

Таблица 1. **Равновесная влажность подсолнечного шрота при различной относительной влажности воздуха и температуре 23...25 °С**

Влажность воздуха, %	Равновесная влажность шрота, %	
	рассыпного	гранулированного
40	7,2	8,28
50	8,6	8,65
60	10,0	10,12
70	12,2	12,12
80	15,5	16,25
90	19,9	19,74

Из приведенных данных видно, что при относительной влажности воздуха 70...80 % равновесная влажность шрота уже достигает таких величин, которые благоприятствуют интенсивному развитию микрофлоры и усилению биохимических процессов, вызывающих ухудшение его качества.

Учитывая подверженность шротов самосогреванию и даже самовозгоранию, Т. И. Фетисова и Г. С. Сухарева провели опыт по хранению подсолнечного шрота в РГС со средним содержанием кислорода 2 %. Кроме этого, были получены данные анализов и в производственном опыте по хранению 200 т гранулированного подсолнечного шрота в РГС в герметизированном металлическом силосе на Таурагском комбинате хлебопродуктов Литовской ССР в течение 180 дней (с мая по октябрь) при естественно складывающихся температурных условиях. Влажность шрота в период хранения составляла 9,9...9,3 %. По окончании опыта шрот имел нормальный цвет, запах, присущие свежему продукту, и хорошую сыпучесть. При этом шрот того же исходного качества, хранящийся это время в условиях свободного доступа воздуха с влажностью 8,0...8,4 %, потемнел и имел затхлый запах. На основании трехлетних исследований Т. И. Фетисова и Г. С. Сухарева определили примерные сроки стойкого хранения подсолнечного шрота в РГС при температуре 5...10 °С (табл. 2).

Таблица 2. **Примерные сроки стойкого хранения подсолнечного шрота в РГС при температуре 5...10 °С**

Влажность шрота, %	Срок хранения в сутках при содержании в РГС кислорода		
	1%	3%	5%
8	260...240	240...220	180...150
10	240...220	240...220	180...150
12	200...180	180...150	120...90

При установлении этих сроков исходили из полной сохранности сырого протеина — главной, наиболее ценной части шрота. На хранение в РГС целесообразно закладывать только свежий, вполне доброкачественный шрот, удовлетворяющий требованиям стандарта. Гранулированный шрот можно хранить в складах напольного типа или в силосах. Важно, чтобы количество крошки (дробленых гранул) не превышало 5 %, так как повышенное содержание ее уменьшает скважистость и газопроницаемость насыпи. Рассыпной шрот должен быть упакован в целые, чистые и сухие мешки.

ТРАВЯНАЯ МУКА

Применение промышленных методов в животноводстве вызывает необходимость широкого внедрения в кормопроизводство современных высокоэффективных способов приготовления и консервирования растительных кормов, особенно травяной муки. Ее производство на специализированных агрегатах позволяет избежать значительных потерь при обычной, естественной сушке трав с неизбежным обламыванием цветков, листьев и молодых побегов растений. Исключается вредное влияние осадков, микробиологических и биохимических процессов, наблюдающихся во время естественной сушки сена. Опытами Всесоюзного научно-исследовательского института комбикормовой промышленности (ВНИИКП) и Всесоюзного научно-исследовательского института животноводства (ВНИИЖ) установлено, что при искусственной сушке трав можно получить кормовых единиц в 1,5 раза, протеина в 1,6, углеводов в 3,5 и каротина в 7...8 раз больше, чем при обычном способе заготовки сена. Переваримость травяной муки выше переваримости обычного сена.

Преимущества травяной муки перед обычным сеном бесспорны, и ее производство увеличивается из год в год как в нашей стране, так и в США, Англии, Франции, Дании и Нидерландах. Травяная мука широко используется в комбикормовой промышленности, особенно при производстве комбикормов для птицы, свиней и молодняка крупного рогатого скота.

Промышленный способ производства травяной муки — одно из важнейших направлений в кормопроизводстве. Он характеризуется непрерывностью процесса на основе комплексной механизации всех этапов приготовления травяной муки (скашивание зеленой массы, погрузка, транспортирование, сушка, гранулирование, закладка на хранение) независимо от погодных условий, применением научно обоснованной технологии, высоким уровнем организации труда.

Для производства травяной муки применяют косилки-измельчители кормов, при помощи которых скашивают, измельчают и погружают зеленую массу в транспортные средства. Транспортируют траву с поля к сушильному агрегату колесным трактором с прицепом или автосамосвалом.

Основной агрегат при производстве травяной муки — сушильные установки различных типов. Наиболее широко используют агрегаты, выпускаемые фирмой «Нерис», АВМ-0,4, АВМ-0,4А, АВМ-1,5, которые представляют собой высокотемпературные пневматические сушилки барабанного типа, предназначенные для быстрого высушивания и последующего измельчения высушенной зеленой массы.

Схема стационарной поточной линии производства гранулированной травяной муки представлена на рисунке 5.

Согласно схеме технологического процесса при производстве гранулированной травяной муки, свежескошенную траву с трактора разгружают в питатель *1*, с которого она подается на два сушильных барабана *2*, ведущих сушку при температуре газовоздушной смеси 1000...1200 °C. Зеленую массу, просушенную до влажности 10...12 %, передают сначала в большой циклон сухой массы *3*, а затем в охладительный циклон *4*, из которого она поступает в дробилку *5*. Полученная после него мука подается в бункер *7*, затем в смеситель гранулятора *9* и гранулятор *10*.

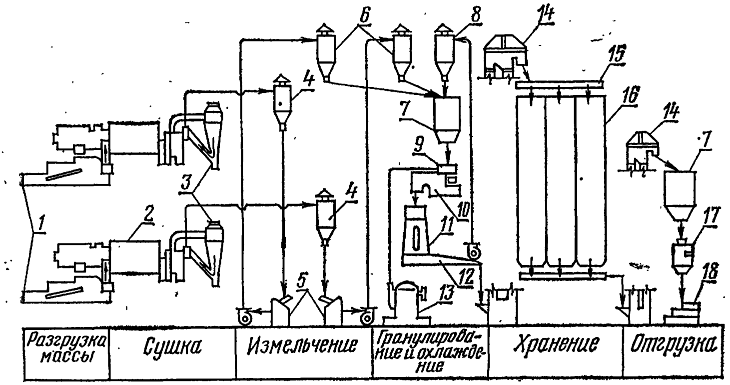

Рис. 5. Схема стационарной технологической поточной линии для производства гранулированной травяной муки:

1 — питатели зеленой массы; *2* — сушильные барабаны; *3* — циклоны сухой массы; *4* — охладительные циклоны; *5* — дробилки; *6* — циклоны измельченной массы; *7* — бункер; *8* — циклон отходов гранул; *9* — смеситель гранулятора; *10* — гранулятор; *11* — охладительная колонка; *12* — сортировщик; *13* — паровой котел; *14* — нория; *15* — транспортер; *16* — силосный корпус; *17* — весы; *18* — зашивочная машина.

Гранулированная травяная мука охлаждается в охладительной колонке *11* и после отбора крошки на сортировщике *12* с помощью ленточных транспортеров *15* передается в силосный корпус *16*, где она загружается на хранение.

Более половины всего производства травяной муки приходится на долю РСФСР. Значительные объемы производства травяной муки сосредоточены в Украинской ССР, Блорусской ССР, Молдавской ССР. Литовская ССР также занимает одно из первых мест в нашей стране по производству травяной муки.

Травяную муку получают из несеяных и сеяных монокультур и сеяных травосмесей. Наиболее ценные из которых люцерна, клевер, горох, вика, кормовые бобы, сераделла, кормовая чечевица, а также смеси многолетних бобовых трав со злаковыми травами — тимофеевкой, костром безостым, ежой сборной, райграсом и др. Наибольшей ценностью обладает травяная мука из бобовых трав. Обычно в бобовых культурах содержится несколько больше каротина, чем в злаковых, они значительно богаче магнием, накапливают больше кобальта и меньше марганца, чем злаковые. По питатель-

ности муку из бобовых трав можно приравнять к концентрированным кормам.

Из бобовых культур наибольшее значение имеет люцерна. Она служит основным источником сырья для производства травяной муки в США, Франции, Англии, Нидерландах, Дании, Бельгии и других странах.

В СССР люцерна широко возделывается как на поливных землях, особенно в районах хлопководства, так и на неполивных землях Украины, Северного Кавказа, в Поволжье.

Важная роль, которую играет травяная мука в кормлении сельскохозяйственных животных, определяется содержащимися в ней полноценными белками, каротином и широким набором витаминов и микроэлементов. Особенно велико значение травяной муки как источника провитамина А — каротина, так как концентрированные корма (зерновые шроты, жмых и др.) содержат его очень мало. Каротин ($C_{40}H_{56}$) встречается в трех основных формах — α, β и γ.

Преобладающая форма в зеленых кормах — β-каротин, обладающий максимальной А-витаминной активностью: из одной молекулы β-каротина в животном организме образуется две молекулы витамина А. Именно в этом витамине сельскохозяйственные животные наиболее часто испытывают недостаток, особенно в зимне-весеннее время.

Химический состав и питательность травяной муки зависят от того, какие травы и в какой период вегетации были использованы для ее производства, а также от условий уборки, сушки и хранения.

Некоторые авторы пришли к выводу, что в люцерновой муке содержится специфическое водорастворимое вещество, улучшающее переваривание животными жирорастворимых витаминов и протеина, отсутствующее в других кормах. Из люцерны удалось выделить два целлюлозолитических вещества, стимулирующих переваримость клетчатки в желудке жвачных животных и свиней.

Кроме высокого содержания питательных веществ, люцерновая мука обладает хорошими вкусовыми качествами.

Хорошее сырье для производства травяной муки — это клевер. Правильно приготовленная клеверная мука обладает высокой питательностью. Сухое вещество кле-

вера красного в травяной муке переваривается животными на 64,5 %.

Клеверная мука почти не уступает люцерновой по содержанию рибофлавина и фолиевой кислоты, а по содержанию тиамина и никотиновой кислоты даже превосходит ее, но несколько уступает люцерновой по содержанию белка.

Хорошим источником сырья для производства травяной муки считают также травостой заливных лугов, особенно если в нем много бобовых и злаковых трав.

Исследования, проведенные в лаборатории кафедры кормления сельскохозяйственных животных сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева (ТСХА), показали, что содержание протеина в травяной муке зависит от вида растений, из которых она получена (Мельник, 1977).

Таблица 3. **Химический состав травяной муки, %**

Растения	Сухое вещество	Протеин	Белок	Жир	Клетчатка	БЭВ	Зола	Каротин
Люцерна	89,54	22,38	17,87	3,79	29,60	37,0	8,23	129,9
Клевер	89,28	11,88	9,58	4,30	28,05	50,28	7,61	152,7
Донник	90,11	12,32	8,35	3,22	29,36	49,17	5,93	144,3
Вика + овес	90,72	11,81	8,19	4,17	28,21	50,16	5,63	105,4

Как видно из таблицы 3, самая высокая концентрация протеина в люцерновой муке. Травяная мука из клевера, донника и вико-овсяной смеси содержала примерно одинаковое количество протеина.

Этими же исследователями был изучен аминокислотный состав травяной муки, полученной из люцерны, клевера, вико-овсяной смеси (табл. 4).

Изучение аминокислотного состава травяной муки, полученной из люцерны, клевера и вико-овсяной смеси, показало, что люцерновая мука содержит больше лизина, аспарагиновой и глютаминовой кислот. В клеверной и вико-овсяной смеси больше глицина, метионина и фенилаланина.

Преимущество бобовых культур перед злаковыми, как известно, обусловлено особым режимом их питания в процессе вегетации в связи с наличием на их корнях клубеньков (наростов), образуемых бактериями, спо-

Таблица 4. **Аминокислотный состав травяной муки, % от сырого протеина**

Аминокислоты	Травяная мука из		
	люцерны	клевера	вики+овса
Цистин	1,04	1,52	0,86
Лизин	7,63	6,88	6,42
Гистидин	1,36	1,85	1,85
Аргинин	5,12	4,83	6,24
Аспарагиновая кислота	9,03	5,46	6,21
Серин	2,13	3,14	2,52
Глицин	2,54	3,81	2,78
Глютаминовая кислота	8,42	5,46	6,21
Треонин	4,13	4,27	3,29
Аланин	3,79	3,18	2,96
Пролин	4,11	3,75	3,81
Тирозин	1,21	1,8	0,92
Метионин	1,12	2,15	2,07
Валин	4,72	5,41	4,15
Фенилаланин	4,41	5,72	5,47
Лейцин + изолейцин	10,32	11,76	9,86

собными в симбиозе с растением-хозяином фиксировать атмосферный азот.

Сырьем для получения травяной муки могут быть листья хлопчатника, которые содержат лимонную кислоту, обусловливающую высокую биологическую эффективность листа и повышенную усвояемость каротина. Лимонная кислота — это ценный компонент, который стабилизирует каротин и улучшает минеральный обмен.

В последние годы в литературе появились данные о том, что количество каротина в зеленых растениях значительно изменяется в течение суток.

П. И. Пьянковский (1978) определил содержание каротина в эспарцете и зеленом овсе в различное время суток (табл. 5).

Таблица 5. **Суточная динамика содержания каротина в зеленых растениях, мг/кг (в сырой массе)**

Культура	Время суток, ч										
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Эспарцет	29,6	31,6	44,9	26,7	21,4	15,6	10,4	6,24	5,6	5,7	22,0
Овес зеленый	16,3	16,3	20,4	18,9	18,3	11,2	9,0	7,9	6,2	3,6	17,0

Полученные данные свидетельствуют о том, что наибольшее количество каротина содержится в растениях утром с 6 до 10 ч, затем идет резкое снижение и в 16, 18 и 20 ч его количество уменьшается в 4...6 раз. Следовательно, наиболее ценная травяная мука может быть получена из различных кормовых культур, скошенных и переработанных в ранние утренние часы.

Существенное влияние на качество травяной муки оказывает температурный режим сушильного агрегата. Нередко в сушилках поддерживают слишком высокую температуру, что ведет к большой потере питательных веществ.

Максимальная сохранность каротина (87...95 %) наблюдается при температуре агента сушки ≈ 120 °С. Снижение температуры до 80...60 °С или повышение до 160...200 °С ведет к повышенному распаду витаминов и снижению их сохранности. Аналогичные закономерности наблюдаются для протеина и углеводов. Минимальные их потери (5...10 %) происходят при температуре агента сушки 100...120 °С (Шафран, 1978).

Кроме того, зеленая масса не должна залеживаться в ожидании сушки, так как в этот период происходит значительное снижение ее питательной ценности.

К специфическому виду кормового сырья, содержащему много смолистых и дубильных веществ, принадлежат иглы хвои. Большое значение приобретает вечнозеленая хвоя зимой. В 1 кг свежих игл ели и сосны содержится до 160 мг каротина и до 3800 мг аскорбиновой кислоты. Еловая хвоя богата железом и магнием. Значительную ценность имеют также древесные листья, содержащие больше каротина, чем хвоя. Древесная зелень по сравнению с люцерной богаче кальцием, фосфором, калием, магнием, цинком, марганцем. Меди и цинка листья осины и дуба содержат больше, чем мука из трав.

В Латвийской ССР разработаны технические условия на хвойно-витаминную муку, изготовленную из зелени ели и сосны, предназначенную для обогащения кормов.

При хранении травяной муки, а также муки хвойной и из лиственной зелени значительная часть каротина разрушается.

Размеры потерь каротина в хранящейся муке зависят от условий хранения: температуры муки, ее влажности, температуры и относительной влажности окру-

Показатели	Норма
Внешний вид и цвет	Мука зеленого или темно-зеленого цвета
Запах и вкус	Свойственный свежей хвои, из которой приготовлена мука
Каротин, мг/кг, не менее	70
Сырая клетчатка, %, не более	30

жающей среды, доступа кислорода, вида упаковки, освещенности и сроков хранения (см. главу 3).

Перечисленные выше достоинства всех видов травяной муки определяют быстрый рост ее производства.

Особенно важно включать травяную муку в комбикорма в зимние месяцы, когда в рационах скота и птицы недостает каротина.

В рационах птицы она успешно заменяет дорогостоящие корма животного происхождения. Так, 1 кг люцерновой муки по содержанию витамина А заменяет 1 кг рыбьего жира. В ее белках содержится необходимый комплекс аминокислот, чего нет в рыбьем жире.

Травяную муку используют при кормлении всех видов животных. В составе комбикорма для откорма молодняка крупного рогатого скота удельный вес ее может быть доведен до 15...20 %, свиней — до 3...5 %, для молочного стада коров — до 10 %. В комбикорм для цыплят ее включают до 3...4 %, для кур-несушек — 5...7 %.

КОМБИКОРМОВОЕ СЫРЬЕ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Комбикормовое сырье животного происхождения (рыбная, мясная, мясо-костная мука, молочные кормовые средства и др.) — это важнейшие компоненты большинства комбикормов для различных видов и возрастных групп сельскохозяйственных животных.

Эти виды сырья характеризуются высоким содержанием протеина, имеющего почти полный набор незаменимых аминокислот в пропорциях, адекватных потребностям животных, что определяет их высокую биологическую ценность. В этих продуктах также содержится значительное количество жира, важнейших витаминов и многих макро- и микроэлементов.

Рыбная мука вводится в комбикорма от 3 до 5 %. Мясо-костная — в комбикорма для птицы — 2...3 %, для

свиней — 5...11 %. В белково-витаминных добавках рыбной муки — 10...15 %, а в мясо-костной — до 20 %.

Молочные кормовые средства (сухой обрат, сухая сыворотка) включают в рецепты комбикормов от 7 до 10 %. Их вводят в комбикорма для телят молочного периода, поросят-сосунов, поросят-отъемышей и для молодняка птицы первых дней жизни.

Кормовую рыбную муку изготавливают из отходов, полученных при разделке и переработке на пищевую продукцию рыб, крабов, креветок и др.

В отечественной рыбной промышленности для производства кормовой рыбной муки применяют два основных способа: прессово-сушильный с использованием и без использования подпрессовых бульонов и прямого высушивания под вакуумом и без вакуума. Технологический процесс осуществляется на непрерывно действующих рыбомучных установках. Этим способом в основном получают нежирную муку. Часто в нежирную рыбную муку вводят подпрессовый бульон, который обогащает ее жиром, водорастворимыми белками, витаминами и другими легкопереваримыми веществами. Так как упаривание производят под вакуумом, в подпрессовом бульоне сохраняются все водорастворимые вещества и активные ферменты. В результате использования упаренных подпрессовых бульонов увеличивается выход рыбной муки на 20...25 %, повышается ее питательность, но снижается стойкость ее при хранении.

Для получения жирной рыбной муки используют метод прямого высушивания под вакуумом. По своей питательности эта мука превосходит нежирную, но она менее стойка при хранении, так как содержит много жира.

По стандарту рыбная мука должна содержать не более 12 % воды, 10 % жира и не менее 48 % сырого протеина, а также не более 5 % фосфора и не более 13 % кальция. В муке, выработанной из жирного сырья с применением антиокислителя ионола до 0,1 %, но не менее 0,02, допускается содержание жира до 22 %, влаги не более 8 %.

Для изготовления мясной, мясо-костной, кровяной, костной и других видов кормовой муки животного происхождения используют непищевое и малоценное в пищевом отношении сырье, получаемое при переработке всех видов убойного скота, птицы, кроликов и при производстве пищевых и технических продуктов на мясо-

комбинатах и птицекомбинатах, допущенное ветеринарно-санитарным надзором для переработки на кормовые продукты. Технологический процесс производства мясокостной муки осуществляется следующим образом: промытое, взвешенное и отсортированное сырье загружается в вакумм-горизонтальные котлы для термической обработки. В зависимости от способа нагрева сырья различают два основных тепловых метода его обработки — мокрый и сухой. Наибольшее распространение в промышленности находит сухой метод. Этот способ характеризуется тем, что влага, содержащаяся в сырье, в процессе разварки за счет кондуктивного нагрева испаряется в атмосферу или удаляется под вакуумом. Сухой способ обеспечивает более высокий выход муки и жира по сравнению с мокрым, так как белки, содержащиеся в сырье, при этом способе лучше сохраняются.

Стерилизация сырья в вакуум-горизонтальных котлах ведется при температуре 120...135 °С в течение 6...7 ч. После термической обработки муку сушат, охлаждают, измельчают, просеивают через сито с ∅ 3 мм и упаковывают в джутовые или крафт-мешки.

В существующей технологии производства сухих кормов животного происхождения есть ряд серьезных недостатков, связанных с несовершенством технологии и ухудшением качества продукта, например продолжительная термическая обработка при высокой температуре ведет к глубокой денатурации белков, что резко снижает их усвояемость. При этом также подвергается гидролизу и окислению жир, в связи с чем снижается биологическая ценность корма.

Всесоюзный научно-исследовательский институт мясной промышленности (ВНИИМП) разработал и внедрил новую технологию получения сухих кормов животного происхождения с использованием аппаратуры непрерывного действия. Сущность новой технологии производства мясо-костной муки заключается в том, что сырье подвергается варке, обеззараживанию (сушке в непрерывном потоке в течение 50 мин при сравнительно невысокой и умеренной температуре 85...93 °С). Мука, полученная по новой технологии, отличается более высокой биологической ценностью, но менее стойкая в хранении.

По ГОСТ 17536—72 «Мука кормовая животного происхождения» мясо-костная мука вырабатывается трех

сортов I, II и III, а мясная двух сортов I и II. Содержание влаги в мясо-костной муке I сорта должно быть не более 9 %, а II и III сортов — не более 10 %; содержание жира в муке I сорта — не более 13 %, II сорта — не более 18 % и III сорта — не более 20 %, а содержание сырого протеина — не менее 50 % в муке I сорта и не менее 42 и 30 % в муке II и III сортов. Количество золы в муке I сорта 26 %, II — 28 и III — 30 %.

Мясная мука отличается большим содержанием сырого протеина — не менее 69 % в муке I сорта и 54 % в муке II сорта и жира — не более 14 и 20 % соответственно сорту.

Содержание золы в ней значительно меньше и составляет не более 11 и 14 % для муки I и II сортов.

В кормах животного происхождения наличие патогенных микроорганизмов не допускается.

Молочные кормовые средства (сухой обрат, сухая сыворотка), получаемые при переработке молока, отличаются высокой питательностью и хорошей усвояемостью. Они богаты лактозой, которая способствует развитию в кишечнике молодых животных специфической молочнокислой микрофлоры, благоприятно влияющей на пищеварительные функции и жизнедеятельность молодого организма.

Сырье животного происхождения вырабатывается как в рассыпном, так и в гранулированном виде.

Качество всех видов сырья должно соответствовать требованиям стандарта и иметь высокую биологическую ценность.

В среднем эти виды сырья содержат около 9...12 % влаги и 88...91 % сухих веществ, которые примерно на 40...70 % состоят из белков, на 10...20 % — из жиров и на 20...25 % — из минеральных веществ. Молочные кормовые средства содержат меньше белка и жира, чем рыбная и мясо-костная мука, но в них до 40...68 % углеводов.

Химический состав и питательная ценность основных видов сырья животного происхождения приведены в таблице 6.

Представленные в таблице виды сырья богаты также многими витаминами и микроэлементами, что наглядно показано в таблице 7.

Как видно из этой таблицы, все виды сырья животного происхождения богаты витаминами группы B,

Таблица 6. **Химический состав и питательная ценность сырья животного происхождения**

Вид сырья животного происхождения	Влажность, %	Химический состав, %							Содержание минеральных веществ, г в 1 кг		Содержание незаменимых аминокислот, г в 1 кг	
		сухое вещество	органическое вещество	сырой протеин	жир	сырая клетчатка	безазотистые экстрактивные вещества	зола	кальция	фосфора	лизина	метионина
Мука:												
рыбная	13,4	86,6	62,3	59,4	2,7	—	—	24,3	67,2	31,8	50,7	16,5
мясная	5,0	95,0	—	54,0	25,1	6,7	17,1	17,2	35,7	19,2	38,0	8,0
мясо-костная	8,0	92,0	—	42,0	11,4	1,0	4,7	33,9	14,3	74,0	21,5	12,2
кровяная	26,7	73,3	—	60,4	4,6	—	2,4	5,7	5,8	4,9	67,2	9,8
костная	4,7	95,3	—	18,9	16,6	—	—	64,4	26,4	14,2	—	—
Сухой обрат	4,0	96,0	—	30,0	2,5	—	40,0	5,3	12,4	9,6	2,8	8,0
Сухая сыворотка	12,0	88,0	—	11,6	0,9	—	67,5	7,9	11,8	6,6	8,0	1,0

Продолжение

Вид сырья животного происхождения	Содержание незаменимых аминокислот, г в 1 кг		Кормовых единиц в 1 кг	Переваримого протеина, г в 1 кг	Для птицы		Для свиней		Для крупного рогатого скота	
	цистина	триптофана			обменной энергии, ккал в 1 кг	энергетических кормовых единиц в 1 кг	обменной энергии, ккал в 1 кг	энергетических кормовых единиц в 1 кг	обменной энергии, ккал в 1 кг	энергетических кормовых единиц в 1 кг
Мука:										
рыбная	10,8	5,7	0,97	533	2775	1,11	2800	1,12	2450	0,849
мясная	4,1	6,1	1,85	407	—	—	—	—	3897	1,397
мясо-костная	3,2	4,6	0,84	377	2400	0,96	1600	0,64	2729	0,983
кровяная	15,6	11,5	0,98	—	3275	1,31	—	—	6288	1,843
костная	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сухой обрат	3,0	4,0	1,29	254	3075	1,23	—	—	2389	0,812
Сухая сыворотка	3,1	2,7	1,37	102	—	—	—	—	2665	0,938

Таблица 7. Содержание витаминов и микроэлементов в основных видах сырья животного происхождения

Продукт	Витамины, мг в 1 кг				
	E	B_1	B_2	PP	Холин
Мука:					
рыбная	5,6...21,0	0,5...1,13	3,0...17,0	60,0...90,0	1750...3500
мясная	—	0,25	1,75...6,25	11,85...32,5	2000...2250
мясо-костная	0,8	0,25...0,9	5,0...5,7	53,5...67,0	1000
кровяная	—	0,5	3,75	45,0	—
костная	—	0,25	1,25	4,7	—
Сухой обрат	—	—	—	—	—
Сухая сыворотка	—	4,5...5,5	25...30	12,7...20	2500...5000

Продолжение

Продукт	Витамины, мг в 1 кг		Микроэлементы, мг в 1 кг					
	Пантотеновая кислота	B_{12}, мкг в 1 кг	Co	Cu	I	Mn	Mo	Zn
Мука:								
рыбная	3,0...3,2	125...550	0,066	3,8	2,600	11,1	0,128	54,0
мясная	1,75...5,7	105...350	0,040	4,3	0,91	3,40	0,137	64,0
мясо-костная	5,7	90...112,5	0,014	6,8	0,680	1,70	0,425	59,5
кровяная	—	—	0,243	10,2	1,440	8,50	0,495	65,5
костная	—	—	0,153	11,9	—	13,6	0,493	70,5
Сухой обрат	—	22,5	0,007	0,9	0,106	0,21	0,010	4,4
Сухая сыворотка	56,0...85,0	30...37,5	—	—	—	—	—	—

рыбная и мясо-костная мука содержат витамин E. В этих продуктах в значительном количестве содержатся такие жизненно важные микроэлементы, как медь, цинк, кобальт и др. Большое значение при организации хранения сырья животного происхождения имеют его физические свойства, от которых зависят перемещение, плотность укладки и слеживаемость сырья при хранении.

Объемная масса рыбной муки колеблется от 540 до 680 кг/м^3, угол естественного откоса 39...42° при влажности 8...12 %.

Мясо-костная мука может иметь объемную массу 730...850 кг/м^3, угол естественного откоса при влажности муки 8...10—42°, с увеличением влажности угол естественного откоса возрастает, так как снижается сыпучесть продукта. Эти показатели, характеризующие физические свойства сырья животного происхождения, могут существенно изменяться при хранении.

Сырье животного происхождения должно иметь хорошую сыпучесть и размер частиц, соответствующий стандарту, внешний вид и запах, специфические для каждого продукта.

Для повышения энергетической ценности комбикормов в них вводят животный кормовой жир, получаемый из непищевого сырья, предназначенного для производства комбикормов и кормления животных.

Жиры при хранении подвергаются гидролизу, омылению, а также окисляются кислородом воздуха. При этом возрастают их кислотное и перекисное числа. Поэтому для скармливания животным разрешается использовать жир с кислотным числом 10...20 мг KOH и перекисным от 0,03 до 0,1 % I_2, в зависимости от сорта жира.

КОРМОВЫЕ ДРОЖЖИ

Сухие кормовые дрожжи относятся к очень ценным высокобелковым компонентам комбикормов. Дрожжи богаты незаменимыми аминокислотами, витаминами группы B, провитамином D (эргостеролом), макро- и микроэлементами. При облучении ультрафиолетовыми лучами эргостерол переходит в витамин D_2 и тогда дрожжи становятся богатым источником этого витамина. Химический состав и питательность кормовых

дрожжей зависит от сырья, используемого для их выращивания, условий выращивания и видовых особенностей самих дрожжей. В среднем сухие кормовые дрожжи содержат около 104 корм. ед. и 40 кг переваримого протеина в 100 кг. В комбикорма вводят до 5 % дрожжей.

Широко используют кормовые дрожжи, получаемые из технически чистых культур, выращенных на различных субстратах гидролизно-дрожжевых, спиртовых, ацетонобутиловых и сульфитно-щелоковых производств. Согласно стандарту, дрожжи делятся на четыре группы по качеству — высшая, 1, 2 и 3-я. Содержание сырого протеина в дрожжах указанных групп должно быть соответственно не менее 56, 51, 46 и 43 % на абсолютно сухое вещество. Дрожжи выпускают в виде порошка, чешуек или гранул ∅ 5...9 мм и длиной 18 мм. Цвет от светло-желтого до коричневого. Негранулированные дрожжи транспортируют и хранят в мешках на 15...30 кг, а гранулированные — насыпью. Стандартом установлен гарантийный срок хранения кормовых дрожжей в течение шести месяцев со дня изготовления при влажности до 10 %. По согласованию с потребителем допускается выпуск дрожжей влажностью до 12 % при условии использования их не более чем в течение трех месяцев.

Влажность дрожжей при хранении может изменяться в зависимости от относительной влажности воздуха.

В настоящее время разработана технология обогащения кормовых дрожжей карбамидом для повышения в них содержания сырого протеина. Производство таких дрожжей начато на Ленинградском гидролизном заводе.

В последние годы широко развивается производство кормовых дрожжей — белково-витаминного концентрата — БВК. Их выпускают в виде порошка и в виде гранул.

Изменение качества БВК при хранении зависит от влажности и температуры дрожжей, формы выпуска (порошок или гранулы), вида упаковки, срока хранения.

Порошкообразные дрожжи более гигроскопичны и менее стойки в хранении, чем гранулы, подвержены слеживанию. С повышением влажности дрожжей ухудшается их сыпучесть, уменьшается объемная масса (исходная — 490—495 кг/м³) вследствие набухания частиц порошка, гранулы меньше крошатся.

На основании опытов по производственному хранению при нерегулируемых температуре и влажности воздуха Р. П. Шелакова рекомендует следующие сроки хранения порошкообразных дрожжей: в закрытой упаковке — до одного года, в бумажных мешках — до восьми месяцев, насыпью и в джутовой упаковке — до шести месяцев при условии, что влажность дрожжей не превышает 10 %. Для гранул эти сроки могут быть повышены соответственно до двух, полутора лет и одного года.

Глава 2

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ КОМБИКОРМОВ В РГС

На комбикормовых заводах Министерства заготовок СССР строится несколько металлических элеваторов для хранения в РГС гранулированной травяной муки. Вместимость этих элеваторов 9500 т. В колхозах и совхозах начато строительство таких элеваторов вместимостью 1000 т.

Исследования М. Г. Голика, Л. А. Гелашвили, Н. Я. Фесты (1975) показали возможность хранения в РГС белково-витаминных добавок; М. Г. Голик, Н. Я. Феста и др. (1973), Г. Ф. Федорова и Т. И. Фетисова (1977) установили, что в РГС хорошо сохраняется рыбная и мясо-костная мука. Таким образом, металлические элеваторы могут быть многоцелевыми, а проблема хранения в РГС компонентов комбикормов приобретает важное значение.

В процессе традиционного хранения компонентов комбикормов кислород воздуха свободно контактирует с продуктом. При этом происходят активные окислительные процессы, в результате которых наблюдаются значительные потери таких важных элементов, как каротин, протеин, жиры, витамины и т. д. Известно, что снижение концентрации кислорода в атмофере элеваторов до 1...2 % и повышение концентрации углекислого газа до 2...14 % позволяют практически полностью сохранить питательные вещества в течение 5...9 месяцев. Для снижения концентрации кислорода и повышения концентрации углекислого газа в свободном пространстве элеваторов необходимо быстро заменить воздух, содержащий 21 % кислорода, на специальную атмосферу — ре-

гулируемую газовую среду. РГС для этого получают различными способами, о которых речь пойдет ниже. Естественно, что элеваторы с РГС должны обладать определенной степенью герметичности, в противном случае из них будут наблюдаться большие утечки газа. Потребуется подавать в хранилище дополнительное количество газа на поддержание заданного газового режима, что может оказаться не всегда выгодным с экономической точки зрения.

РГС И СПОСОБЫ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

В мировой практике известно три способа получения РГС, применяемых для хранения в них различных пищевых и кормовых продуктов.

Первый способ заключается в вытеснении воздуха из элеваторов чистым азотом. Для этих целей используют газообразный или сжиженный азот, изготовляемый промышленностью. На заводах азот получают из воздуха целевым назначением, однако часто он является побочным продуктом получения кислорода. Если в элеваторе используют газообразный азот, то от завода до элеватора прокладывают трубопровод; для перекачки по нему азота на заводе строится компрессорная станция. Элеватор оборудуют специальным регуляторным узлом, который позволяет поддерживать постоянные расход и давление газообразного азота в трубопроводах, подающих его в элеватор.

В практике чаще применяют сжиженный азот. Для обеспечения такого элеватора РГС его оборудуют надземными или подземными резервуарами для хранения сжиженного азота. Подача азота из подземных или надземных резервуаров в элеватор с РГС не всегда возможна, так как в силосах элеватора нет места для установки специальных испарителей, а без них преобразовать азот в необходимых количествах из жидкой фазы в газообразную невозможно. Поэтому превращение сжиженного азота в газообразный осуществляют в регазификаторах, расположенных около резервуаров со сжиженным азотом. Процесс испарения азота происходит с поглощением тепла, и для непрерывного его получения регазификаторы оснащают электрическими, водяными или паровыми подогревателями. Резервуары со сжиженным азотом обязательно оборудуют приборами безопас-

ности, а также регуляторами, поддерживающими постоянный расход и давление испаренного газообразного азота, подаваемого по трубопроводам в элеваторы. Сжиженный азот доставляют к потребителю железнодорожными цистернами или специально оборудованными автоцистернами.

Второй способ получения РГС основан на выжигании кислорода из воздуха жидким топливом. В Ставропольском крае по предложению Ставропольского сельскохозяйственного института для получения РГС применяют двигатели внутреннего сгорания. Как известно, в цилиндрах двигателей сжигают бензин или дизельное топливо, продукты сгорания которого имеют достаточно высокую температуру, поэтому после двигателей устанавливают водяные охладители. Кроме того, для очистки продуктов сгорания бензина или дизельного топлива от вредных примесей и непрореагировавших компонентов топлива обязательно следует применять специальные фильтры.

За последние 10...15 лет в отечественной и зарубежной практике нашел значительное применение третий способ получения РГС. Он основан на выжигании кислорода из воздуха природным или сжиженным газом в специальных генераторах. Газообразное топливо сжигают в таких генераторах на специальных катализаторах, продукты сгорания охлаждают в водяных холодильниках до заданной температуры. Полученные таким способом РГС практически не содержат вредных примесей и могут успешно применяться для хранения не только комбикормового сырья, но и продуктов питания, например фруктов и овощей. Расход газообразного топлива для хранения в РГС невелик. Так, например, годовой расход природного газа на хранение 9500 т гранулированной травяной муки в металлическом элеваторе составляет 500...1000 м^3. Стоимость 1000 м^3 природного газа колеблется в зависимости от района страны в пределах 18...22 руб.

Таким образом, в нашей стране следует считать наиболее целесообразным получение РГС в специальных генераторах, использующих природный или сжиженный газ.

Сжиженные газы состоят из легкоконденсирующихся при сжатии газообразных углеводородов. Основные их компоненты — пропан и бутан. В СССР выпускают три

марки сжиженного газа: технический пропан, технический бутан и смесь технического пропана и бутана. Первая марка содержит 93 % пропана с пропеном, не более 4 % этана с этиленом и не более 3 % бутана с бутеном. Вторая марка содержит не менее 93 % бутана с бутеном, не более 3 % пентана с пентеном и не более 4 % пропана с пропеном. Третья марка наиболее часто применяется в промышленности и сельском хозяйстве. Она содержит равные количества пропана и бутана, не более 4 % этана с этиленом и не более 3 % пентана с пентеном.

Сжиженные газы хранят и доставляют к потребителям в жидком виде в железнодорожных цистернах или в специально оборудованных автоцистернах. Хранение сжиженного газа на объектах осуществляется в подземных или надземных резервуарах различной вместимости.

Сжигают сжиженные газы в газообразном состоянии. Для этого их регазифицируют, т. е. превращают из жидкой фазы в газообразную. Для таких крупных потребителей, какими являются предприятия, хранящие продукты РГС, превращение из жидкой фазы в газообразную выполняется в регазификаторах, подобных регазификатору для сжиженного азота.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РГС

В настоящее время разработаны институтом ВНИИПромгаз и серийно выпускаются заводом ВНПО «Союзпромгаз» установки регулирования РГС типа УРГС, включающие генератор типа ГНС и аппарат очистки углекислого газа типа АО.

Генератор типа ГНС в качестве топлива использует природный или сжиженный газ и предназначен для снижения в атмосфере элеватора содержания кислорода до 1...3 % и повышения содержания углекислого газа до 10...13%. В подобной РГС хранят компоненты комбикормов, жиры и некоторые другие продукты.

Другая группа продуктов — влажные зерновые, масличные и сочные и растительные продукты — не переносит повышенных содержаний углекислого газа. Для создания РГС при хранении этой группы продуктов углекислый газ подлежит полной или частичной очистке. Ее проводят в аппаратах типа АО, использующих активированный уголь как сорбент углекислого газа.

Элеваторы оборудуют генераторами, аппаратами очистки или установками РГС. Вид оборудования определяется требованиями к составу РГС. Так как в данной книге затрагиваются вопросы газового хранения компонентов комбикормов, т. е. продуктов, которые не предъявляют особых требований к содержанию углекислого газа в атмосфере элеваторов, то здесь будут рассмотрены только генераторы.

Генератор ГНС1. Принципиальная схема представлена на рисунке 6. Основные элементы генератора ГНС1: горелка *6*, охлаждаемая камера сгорания *12*, первая *16* и вторая *23* ступени водяного холодильника, конденсатосборник *25* и приборный шкаф. В комплект генератора ГНС1 входит компрессор 016Б.

Горелка *6* смесительного типа с принудительной подачей газа и воздуха. Она предназначена для предварительного приготовления смеси природного или сжиженного газа с воздухом. Горелка состоит из корпуса, внутри которого проходит поток воздуха. Вокруг корпуса расположено кольцо, из которого газ выходит четырьмя струями и рассекает под прямым углом поток воздуха. В нижней части горелки заканчивается приготовление смеси газа с воздухом. Здесь же расположена запальная авиационная свеча *7*. Наблюдение за ее работой осуществляется через смотровой глазок запальника 8, а за розжигом и процессом горения в камере — через смотровой глазок *11*.

Камера сгорания *12* выполнена из стали марки Ст. 3. Внутри камеры сгорания находится зерненный катализатор *10*, в качестве которого применен битый кирпич из хромомагнезита с размером частиц 25...30 мм. Верх камеры сгорания перекрыт керамическим огнеупорным кольцом *9*, а низ крепится на холодильнике. Рубашка водяного охлаждения цилиндрическая, расположена вокруг камеры сгорания.

Первая ступень холодильника состоит из двух змеевиков *14* и *15*. Меньший из них — *15* расположен внутри бóльшего *14*. Оба змеевика размещены в трубе, которая крепится фланцами к камере сгорания *12*, а внизу она опирается на конденсатосборник *25*. Все пространство между бóльшим и меньшим змеевиком заполнено зерненным шамотом с размером частиц 15...20 мм. Во второй ступени холодильника находятся змеевик *22*, каплеотбойник *21* и сливная труба *26*, по

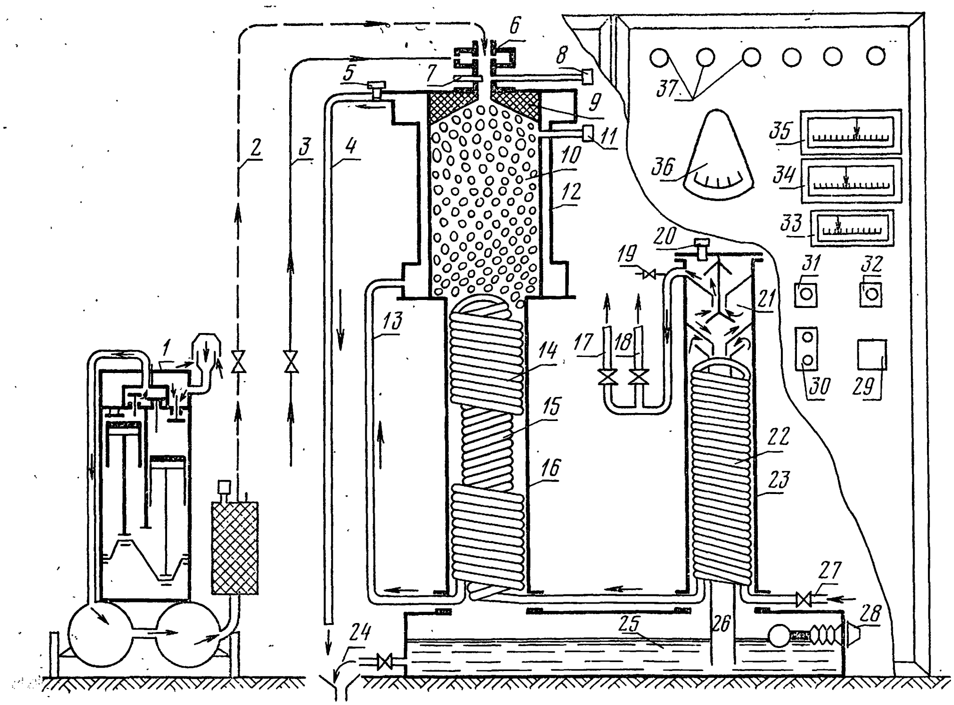

Рис. 6. Принципиальная схема генератора ГНС1:

1 — компрессор 016-Б; *2* — воздухопровод; *3* — газопровод; *4* — слив воды; *5* — измерительный преобразователь температуры горячей воды; *6* — горелка; *7* — запальная свеча СПН-4-3-Т; *8* — смотровой глазок запальника; *9* — керамическое кольцо; *10* — зерненный катализатор; *11* — смотровой глазок камеры сгорания; *12* — камера сгорания; *13* — водопровод; *14*, *15* — большой и малый змеевики; *16* — первая ступень холодильника; *17* — сброс РГС в атмосферу; *18* — выход РГС в хранилище; *19* — точка отбора анализа РГС; *20* — измерительный преобразователь температуры РГС; *21* — каплеотбойник; *22* — змеевик; *23* — вторая ступень холодильника; *24* — слив конденсата; *25* — конденсатосборник; *26* — сливная труба; *27* — вход воды; *28* — сигнализатор уровня воды РУС-3М; *29* — выключатель; *30* — пускатель; *31* — кнопка запальника; *32* — кнопка съема звукового сигнала; *33* — прибор контроля температуры РГС; *34*, *35* — приборы контроля давления газа и воздуха НМ-П1; *36* — прибор контроля температуры горячей воды ТСМ-100; *37* — сигнальные лампы.

которой стекает отделенный в каплеотбойнике конденсат.

Основанием генератора служит конденсатосборник *25*. Объем его рассчитан таким образом, что весь полученный за одну смену конденсат занимает только 60 % его объема. В корпусе конденсатосборника расположен прибор контроля уровня конденсата *28* — сигнализатор уровня типа РУС-3М, внизу — сливной трубопровод *24*.

Генератор расположен в шкафу, в правой части которого находятся приборы для наблюдения за режимом работы. Внутри шкафа располагаются приборы автоматики.

Генератор ГНС1 работает следующим образом. Газ и воздух поступают в горелку *6*, перемешиваются, и на выходе из нее готовая газовоздушная смесь поджигается запальной свечой *7*. Горение газа начинается в верхнем слое зерненного хромомагнезита *10* и заканчивается на выходе из камеры сгорания. В холодильнике первой ступени *16* на змеевиках *14* и *15* происходит интенсивное охлаждение продуктов сгорания газа. Если в слое дробленого хромомагнезита горение осуществляется при температуре, близкой к 2000 °С (2273 К), то внизу холодильника первой ступени температура продуктов сгорания снижается до 50 °С (323 К). Так как охлаждение продуктов сгорания в холодильнике первой ступени происходит ниже точки росы, то внизу его начинается выделение конденсата, который стекает в конденсатосборник *25*. Далее продукты сгорания поступают в холодильник второй ступени *23*. Здесь их температура снижается с 50 °С (325 К) до 10...25 °С (283...298 К). По мере снижения температуры продуктов сгорания в холодильнике второй ступени из них продолжает выделяться конденсат, который вместе с каплями воды, уносимыми продуктами сгорания, отделенными в каплеотбойнике *21*, сливается в конденсатосборник *25*. Вода из конденсатосборника периодически (один раз в смену) сливается в канализацию. Так как катализатор в камере сгорания еще не прогрет и в продуктах сгорания еще могут быть несгоревшие компоненты газа. Эти продукты в первоначальный момент сбрасываются в атмосферу по трубопроводу *17*. Через 10...15 мин тепловой режим достигнут и горение осуществляется полностью. Продукты сгорания РГС направляют по трубопроводу *18* в элеватор.

В системе охлаждения генератора осуществлен последовательный нагрев воды. Холодная вода из водопровода подается в холодильник второй ступени *23* по водопроводу *27*. Из змеевика *22* она поступает в змеевики первой ступени охлаждения *15* и *14;* по водопроводу *13* она направляется в рубашку охлаждения камеры сгорания *12*, а оттуда сливается в канализацию по водопроводу *4*.

На выходе из генератора температура нагретой воды не превышает 60 °С (333 К). Такой предел температуры установлен в связи с тем, что при температуре воды выше 65...70 °С (338...343 К) образуется накипь на поверхностях охлаждения камеры сгорания. Поэтому возникает необходимость в периодической очистке накипи, что значительно усложняет эксплуатацию.

Техническая характеристика генератора ГНС1

Производительность по РГС, м³/ч	30
Давление РГС, гПа	35
Температура РГС, °С (К) . . .	10...25 (283...298)
Относительная влажность РГС, %	100
Состав РГС, %:	
кислород	0,5...1,0
углекислый газ	13,5...11,0
азот	86...88
Давление газа перед генератором, кПа	100...600
Давление газа перед горелкой, гПа	150
Расход газа, м³/ч:	
природного	3,4
сжиженного	1,2
Давление воды на входе в генератор, кПа	100...600
Расход воды, кг/ч:	
с применением градирни . .	250
без применения градирни . .	600
Температура воды на выходе из генератора, °С (К)	60 (333)
Габаритные размеры генератора, мм:	
длина	1418
ширина	780
высота	1700
Масса, кг	505

Генератор ГНС2А. Принципиальная схема показана на рисунке 7. Генератор ГНС2А состоит из горелки *16*, камеры сгорания *26*, конденсатосборника *28*, контактного водяного холодильника *3*, приборного шкафа *41* и газорегуляторного узла *30...33*.

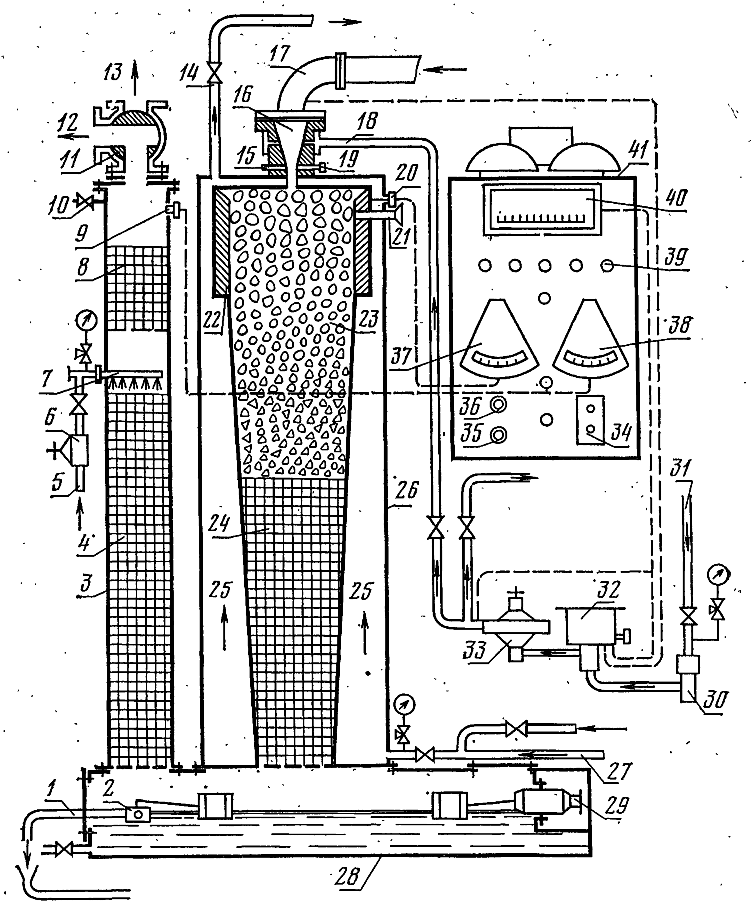

Рис. 7. Принципиальная схема генератора ГНС2А:

1 — слив воды; *2* — регулятор слива воды; *3* — контактный холодильник; *4*, *24* — кольца Рашига; *5*, *27* — водопроводы; *6* — регулятор расхода воды; *7* — водораспределительная трубка; *8* — отбойный слой колец Рашига; *9* — измерительный преобразователь температуры РГС; *10* — точка отбора анализа РГС; *11* — трехходовой кран; *12*, *13* — выход РГС в атмосферу и в хранилище; *14* — выход нагретой воды; *15* — запальная свеча СПН-4-3-Т; *16* — горелка; *17* — воздухопровод; *18* — газопровод; *19* — смотровой глазок запальника; *20* — измерительный преобразователь температуры воды; *21* — смотровой глазок камеры сгорания; *22* — керамический туннель; *23* — зерненный хромомагнезит; *25* — рубашка охлаждения; *26* — камера сгорания; *28* — конденсатосборник; *29* — сигнализатор уровня воды РУС-3М; *30* — фильтр; *31* — вход газа; *32* — блок безопасности; *33* — регулятор давления газа; *34* — пускатель воздуходувной машины; *35* — кнопка съема звукового сигнала; *36* — кнопка запальной свечи; *37*, *38* — приборы контроля температуры воды и РГС; *39* — сигнальные лампы; *40* — прибор контроля давления газа НМП-52; *41* — приборный шкаф.

Горелка генератора *16* по конструкции и принципу действия аналогична горелке генератора ГНС1. Отличается она большей производительностью и наличием сменных сопл, которые позволяют использовать генератор на природном или сжиженном газе.

Камера сгорания *26* бестопочного типа с рубашкой водяного охлаждения *25*. Она состоит из двух стальных обечаек, расположенных одна в другой и соединенных в единую конструкцию верхним и нижним фланцами. Пространство между наружной и внутренней обечайкой — это полость водяного охлаждения *25* камеры сгорания. Горелка крепится к водоохлаждаемому фланцу на сварке, который соединен болтами с фланцем камеры сгорания. В этих фланцах имеются отверстия для прохода воды. Нижний фланец в области внутренней трубы перфорирован для выхода продуктов сгорания из камеры сгорания. В верхней части камеры сгорания расположен керамический туннель *22*. Внутри туннеля и ниже него находится зерненный хромомагнезит *23*, а после него — кольца Рашига 25×25 мм. Контактный холодильник *3* заполнен в нижней части кольцами Рашига 25×25 мм. Над кольцами Рашига находится водораспределительная трубка *7* с отверстиями ∅ 2 мм. Вверху контактного холодильника расположен отбойный слой *8* из колец Рашига 25×25 мм. На верхнем фланце контактного холодильника размещен трехходовой кран *11*.

Камера сгорания и контактный холодильник соединены в единую конструкцию конденсатосборником *28*. Он выполнен из швеллера № 20 и имеет прямоугольную форму. В конденсатосборнике расположены регулятор слива *2* и сильфонное реле уровня *29* РУС-3М.

Газорегуляторный узел состоит из манометра, показывающего давление газа перед генератором, фильтра очистки газа *30*, блока безопасности *32*, регулятора давления газа *33* и трубопроводов подачи газа к горелке генератора и продувки газа в атмосферу. Блок безопасности *32* состоит из прибора контроля максимального и минимального давления газа и воздуха, клапана-отсекателя подачи газа с микровыключателями, сигнализирующими о причине выключения генератора.

При пуске генератора ГНС2А газ подается по трубопроводу *31* с давлением 150...600 кПа, проходит через клапан-отсекатель к регулятору давления газа, который

понижает давление до 150 гПа, и в первый момент продувается через специальный трубопровод в атмосферу в течение 1 мин, после чего направляется в горелку *16* генератора, смешивается с воздухом из воздухопровода *17* в горелке и поджигается от запальной свечи *15*. На входе в слой зерненного хромомагнезита *23* начинается горение, которое заканчивается на глубине 250 мм, ограниченной высотой керамического туннеля *22*. В зоне керамического туннеля *22* развиваются весьма высокие температуры, приближающиеся к 2000 °С (2273 К).

Сжигание газа в слое зерненного хромомагнезита позволяет добиться эффективного дожигания горючих компонентов в продуктах сгорания при высоких напряжениях топочного объема, достигающих 3 млн. ккал/(м^3 · ч). Низкий коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1{,}02$ (избыточный кислород в продуктах горения — не более 0,4...0,6 %) препятствует образованию окислов азота. Все это позволяет получать чистые продукты сгорания в генераторах типа ГНС.

Интенсивное охлаждение продуктов сгорания начинается сразу после керамического туннеля *22*. Проходя через слой зерненного хромомагнезита *23* колец Рашига *24*, поток продуктов сгорания многократно соприкасается с холодной стенкой водяной рубашки *25* и на входе в конденсатосборник снижает свою температуру до 60...70 °С (333...343 К). Дальнейшее охлаждение продуктов сгорания осуществляется в контактном холодильнике *3*. Здесь навстречу продуктам сгорания по слою колец Рашига *4* подается вода по водораспределительной трубке из городского водопровода. Непосредственный контакт продуктов сгорания с холодной водой на поверхности около 20 м^2, которую имеют кольца Рашига, позволяет более эффективно охлаждать продукты сгорания, чем в трубчатых змеевиковых конструкциях водяных холодильников. Продукты сгорания РГС на выходе из слоя колец Рашига *4* уносят с собой часть капельной влаги. После отбойного слоя *8* температура РГС не превышает 25 °С (298 К), причем в зимний период она составляет 8...14 °С (281...287 К), а в летний — 20...25 °С (293...298 К), следовательно температура РГС всегда только на 2...3 °С выше температуры охлаждающей воды.

Количество тепла, вырабатываемое генератором ГНС2А, составляет около 120 тыс. ккал/ч. Это побочный

продукт, поэтому он подлежит удалению из системы генератора. Для этого в рубашку охлаждения *25* камеры сгорания *26* подается вода по водопроводу *27*. Поднимаясь вверх, вода снимает тепло с внутренней стенки камеры сгорания. Максимальный съем тепла происходит в водоохлаждаемой крышке камеры сгорания, где находится зона максимальных температур. Вода, нагретая до температуры 60 °С (333 К), по водопроводу направляется в канализацию или градирню на охлаждение.

Система розжига и автоматики безопасности в генераторе ГНС2А аналогична генератору ГНС1. Показывающие приборы несколько изменены. Так, исключен прибор контроля давления воздуха, контроль температуры РГС на выходе из генератора выполняется манометрическим термометром ТСМ-100. Давление газа на входе в генератор, воды в камере сгорания и в контактном холодильнике контролируется манометрами.

Производительность генератора ГНС2А в 3 раза выше, чем у генератора ГНС1, а габаритные размеры и масса приблизительно те же.

Техническая характеристика генератора ГНС2А

Производительность по РГС, м³/ч	60...100
Давление РГС, гПа	35
Температура РГС, °С (К)	8...25 (281...298)
Относительная влажность РГС, %	100
Состав РГС, %:	
кислород	0,5...1,0
углекислый газ	13,5...11,5
азот	остальное
Давление газа перед генератором, кПа	100...600
Давление газа перед горелкой, гПа	150
Расход газа, м³/ч:	
природного	6,8...11,2
сжиженного	2,4...4,0
Давление воды на входе в генератор, кПа	100...600
Расход воды, кг/ч:	
с применением градирни	250...600
без применения градирни	1200...2000
Температура воды на выходе из генератора, °С (К)	60 (333)
Габаритные размеры генератора, мм:	
длина	1200
ширина	600
высота	1840
Масса, кг	554

ЭЛЕВАТОРЫ С РГС

Элеваторы с РГС существенным образом отличаются от традиционных. К ним предъявляют особые требования по герметичности силосов, люков загрузки и выгрузки.

Элеваторы оснащены специальным оборудованием для создания и поддержания в них РГС заданного состава и системой трубопроводов для подачи в элеваторы и сбрасывания из них РГС.

Применение РГС в элеваторах предъявляет специфические требования по технике безопасности при разгрузке и загрузке силосов, при получении РГС в генераторах и их транспортировании в силосы. РГС практически не содержат кислорода, и поэтому даже кратковременное пребывание в них человека представляет опасность для его жизни; горючие газы — природный или сжиженный — взрывоопасны, и использование их следует вести в соответствии с требованиями техники безопасности.

Сочную растительную продукцию хранят в складах, зерно, гранулированные комбикорма и их компоненты — в металлических и железобетонных силосах. При хранении зерна в РГС, гранулированных комбикормов и их компонентов предпочтение отдается металлическим силосам и металлическим элеваторам, так как герметизация железобетонных силосов представляет определенные трудности и требует значительных ремонтных работ и капитальных затрат.

Элеватор с РГС вместимостью 152 000 м³. Элеватор разработан ЦНИИПромзернопроект и состоит из силосного металлического корпуса с комплексом основного и вспомогательного оборудования (рис. 8). Такие элеваторы предназначены для хранения гранулированной травяной муки, однако в них можно хранить и другие компоненты комбикормов, например гранулированную рыбную, мясо-костную муку, шроты, а также влажное зерно. Вместимость элеватора при хранении гранулированной травяной муки составляет 9500 т, рыбной — 9000, мясо-костной — 9500, шротов — 7500 и пшеницы — 12 000 т. Элеватор состоит из силосного корпуса, рабочего здания и станции РГС.

Силосный корпус (см. рис. 8) состоит из 25 рабочих силосов, расположенных в три ряда. Все силосы метал-

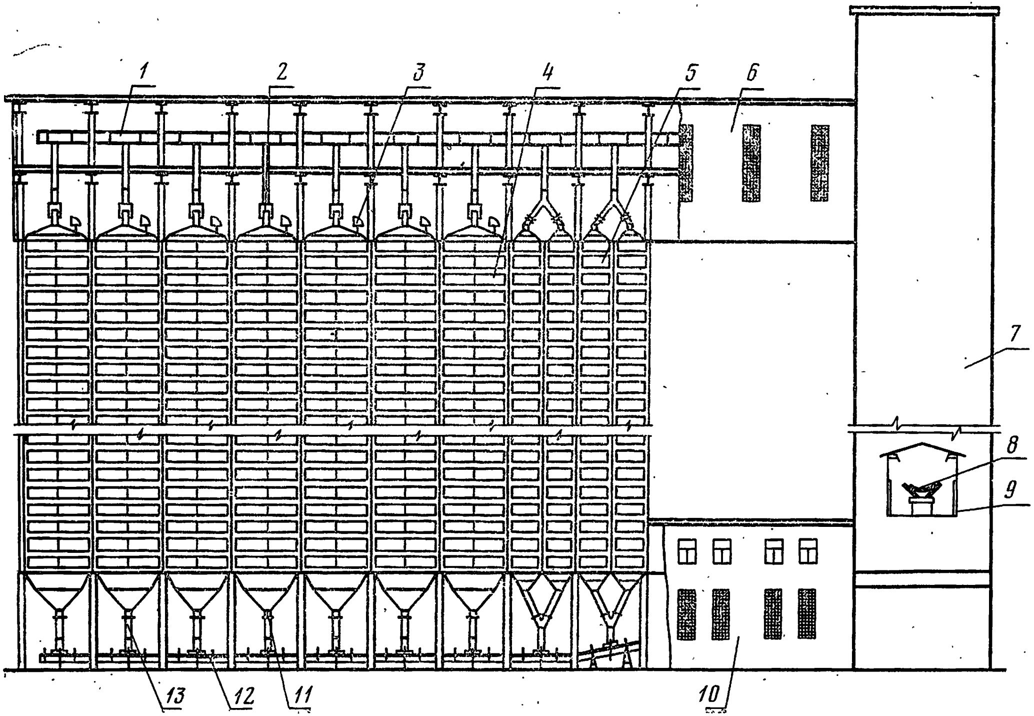

Рис. 8. Металлический элеватор вместимостью 15 200 м³:

1 — цепной транспортер; *2* — загрузочный клапан; *3* — предохранительный клапан; *4* — рабочий силос; *5* — оперативный силос; *6* — верхняя соединительная галерея; *7* — рабочая башня; *8*, *12* — ленточные транспортеры; *9* — соединительная галерея с цехом комбикормового завода; *10* — нижняя соединительная галерея; *11* — разгрузочный клапан; *13* — самотечная труба.

лические, сварные, выполненные из специальных панелей толщиной 5 мм. Панели изготавливают на заводе, сварку их производят на месте при монтаже. Крыша силосного корпуса, надсилосное и подсилосное помещения облицованы металлическими гофрированными листами.

Рабочие силосы квадратного сечения, размер в плане 5,2 × 5,2 м, высота около 24 м, верхний конус 1,5 и нижний — 3 м. Рабочие силосы оборудованы разгрузочными и загрузочными клапанами, расположенными в нижнем и верхнем конусах. Клапаны состоят из седла и резинового клапана, передвигаемого винтовым штоком. На верхнем и нижнем конусах расположены ремонтные люки и краны со штуцерами для отбора проб РГС. Кроме того, в конусы введены трубопроводы ⌀ 76 мм, по которым подается РГС. На верхнем конусе имеется предохранительный клапан, который позволяет выпускать РГС из силоса при избыточном давлении более 5 гПа и впускать воздух в силосы при давлении ниже 2,5 гПа. Предохранительные клапаны исключают разрыв ограждающих поверхностей силосов при подобных колебаниях давления.

В рабочих силосах осуществляется длительное хранение различных по качеству партий гранулированной травяной муки. В оперативных же силосах в период заготовки формируются партии с одинаковым качеством. Если группа в четыре оперативных силоса заполнена гранулами с одинаковым или близким содержанием каротина, то эту партию перегружают в рабочий силос.

Оперативный силос также квадратного сечения, размер в плане 2,6 × 2,6 м, общая высота 22,5 м, верхний конус 0,8 м, а нижний — 1,8 м. Оперативные силосы не имеют герметичных запорных устройств и других приспособлений, которыми оснащены рабочие силосы.

На втором этаже надсилосного помещения размещены два цепных транспортера производительностью по 100 т. Каждый из них позволяет подавать гранулы в наружный и средний ряды силосов. В подсилосном помещении расположены три ленточных транспортера, производительность каждого составляет около 80 т/ч.

Высота рабочего здания элеватора 42,4 м. В нем сосредоточено основное транспортное и технологическое оборудование: две нории II-100, вентиляторы и циклоны аспирационных сетей, бункера отпуска продукции в же-

лезнодорожные вагоны и автомобильный транспорт, аспирационные бункера и шахта лифта.

Рабочее здание соединено с силосным корпусом верхней и нижней соединительными галереями. Над нижней соединительной галереей расположена диспетчерская, бытовые и вспомогательные помещения.

В диспетчерской находится автоматизированный пульт управления, на котором смонтирована схема элеватора. Схема позволяет диспетчеру судить о работе машин и механизмов в элеваторе, управлять основным оборудованием.

Непременный элемент оборудования металлических элеваторов — станция РГС. Это комплекс основного и вспомогательного оборудования, необходимый для создания и поддержания РГС заданного состава в силосах элеватора. Оборудование расположено в отдельно стоящем здании, размер в плане 12×6 м, высота 4,2 м. Здесь находится генераторный зал, комната для приготовления химических реактивов и бытовое помещение.

Основное оборудование станции РГС — три генератора ГНС2А. Два генератора рабочие и один — резервный. Вспомогательное оборудование представлено системами газовоздухо- и водоснабжения, канализацией и системой доставки РГС от станции до силосов элеватора. Наблюдение за формированием РГС в силосах и поддержанием заданного газового режима в силосах элеватора производят с пульта.

Газоснабжение генераторов, как правило, предусматривается от групповой подземной резервуарной установки, состоящей из трех цилиндрических резервуаров, два из которых снабжены головками управления. Все резервуары соединены трубопроводами между собой. Давление парообразной фазы газа зависит от температуры жидкости и может достигнуть 1000 кПа в летний период. Зимой, когда естественная испарительная способность сжиженного газа понижается, применяются специальные электрические испарители РЭП-2,5А, которые входят в комплект резервуарной установки. Давление газа снижается и регулируется регуляторами РД-25. Газ подается от резервуарной установки до станции РГС по подземным или надземным трубопроводам.

Воздухоснабжение генераторов ГНС2А осуществляется от индивидуальных газодувных машин 1А12-50-

2А. Воздуходувные машины используют не только для подачи воздуха на сжигание газа в генераторах, но и для опрессовки силосов элеватора при проверке степени их герметичности. При этом воздух подается в силосы через неработающие генераторы.

Вода для охлаждения генераторов подается из двух систем: в контактный холодильник из городского водопровода (внутризаводского) и из градирни в камеру сгорания. Вода, поданная в контактный холодильник, вместе с конденсатом направляется в градирни для восполнения потерь при испарении, а нагретая в камере сгорания охлаждается в пленочной градирне и насосом вновь подается в камеру сгорания генератора.

Основное и вспомогательное оборудование станции РГС обеспечивают электроэнергией от собственной электрощитовой, расположенной в помещении станции.

Станция РГС и силосный корпус связаны между собой системой трубопроводов. Вырабатываемая генераторами РГС поступает на сборный коллектор станции. В конце этого коллектора расположен каплеотбойник, в котором отделяется унесенная потоком РГС капельная влага. От станции до подсилосного помещения РГС транспортируется по воздушному трубопроводу, на котором находится второй каплеотбойник. Внутри подсилосного помещения расположен распределительный коллектор РГС. В конце его находится небольшой конденсатосборник. Для стекания в него конденсата распределительный коллектор выполняют с уклоном. От распределительного коллектора ответвляются подающие трубопроводы к каждому рабочему силосу. РГС по этим трубопроводам подается в нижние конусы силосов, проходит по межгранульному пространству снизу вверх, вытесняя воздух или РГС с нарушенными параметрами через сбросные трубопроводы в сбросной коллектор. Один конец этого коллектора выведен в атмосферу выше конька крыши надсилосного помещения на 1,5 м. На каждом подающем и сбросном трубопроводе установлены задвижки, что позволяет подавать РГС в один или группу силосов, а после окончания этих работ герметизировать каждый силос индивидуально. Распределительный и сбросной трубопроводы ∅ 89 мм, а подающие и сбросные трубопроводы ∅ 76 мм.

Пульт станции РГС позволяет выполнять комплекс мероприятий по контролю режимов работы силосов и

генераторов: во-первых, анализ состава РГС, вырабатываемых генератором и создаваемых в силосах при формировании и восстановлении, во-вторых, ежедневный контроль состава РГС в силосах после периодов естественного газообмена, в-третьих, фиксирование давления РГС на выходе из генератора и в силосах при формировании и восстановлении, в-четвертых, фиксирование величины и характера изменения давлений в силосах за период естественного газообмена, в-пятых, определение степени герметичности силосов перед и после загрузки силосов гранулами.

Для выполнения перечисленных работ пульт станции РГС соединен с рабочими силосами импульсными полиэтиленовыми трубками ⌀ 8 мм. Каждая импульсная трубка через запорный кран соединена с мембранным побудителем расхода, который подает из силоса 0,8 л/мин РГС для анализа ее состава. Эти же импульсные трубки могут быть соединены, минуя побудитель расхода, с жидкостным тягонапоромером и напоромером. Первым прибором контролируют давление в силосах в периоды естественного газообмена, вторым проверяют давление в силосах при формировании и восстановлении состава РГС в силосах и при определении степени их герметичности. Генераторы также соединены с пультом импульсными трубками, которые позволяют определить давление после генераторов и состав среды, полученный в них. Анализ состава РГС выполняют на газоанализаторах ГХП-3М.

Элеватор с РГС вместимостью 1500 м³. Проект его выполнен Головным экспериментально-конструкторским институтом по машинам для переработки травы и соломы Минживмаша СССР. Элеватор будет строиться в колхозах и совхозах. Он предназначен для работы в составе технологических линий по производству гранулированных кормов. В нем можно хранить 1000 т различных гранулированных комбикормов, а также сухое или влажное зерно. В элеваторе полностью механизированы и автоматизированы погрузочно-разгрузочные работы.

Элеватор (рис. 9) состоит из металлического силосного корпуса, оборудования для загрузки и выгрузки гранулированных комбикормов и станции РГС. Высота элеватора 17 м, длина 65 и ширина 7,4 м. Надсилосная галерея высотой 4 м предназначена для размещения

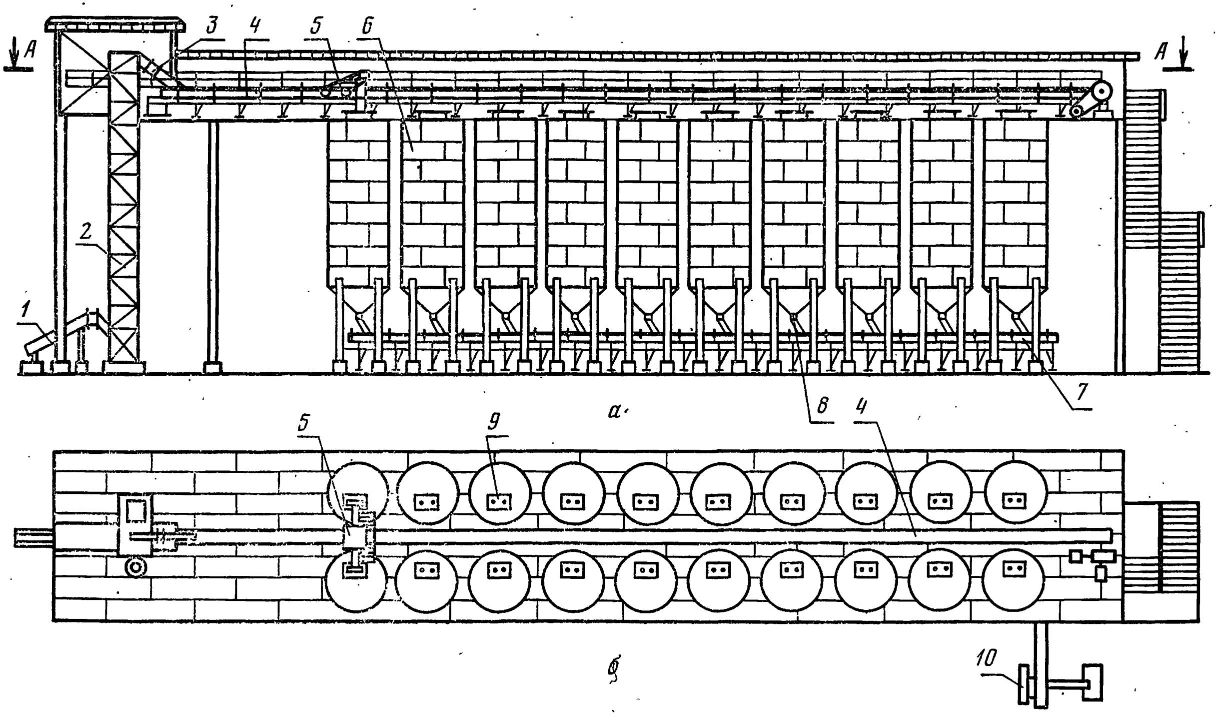

Рис. 9. Металлический элеватор вместимостью 1500 м³:

а — план; *б* — разрез; *1, 4, 7, 10* — ленточные транспортеры; *2* — нория; *3* — верхний перекидной клапан; *5* — разгрузочная тележка; *6* — рабочий силос; *8* — разгрузочный клапан; *9* — загрузочный люк.

оборудования транспортирования гранул в силосы. Подсилосное помещение открытого типа, высотой 3,2 м. Оно образовано металлическими опорами, которые несут нагрузку от силосов и продукта. Опираются колонны на индивидуальные фундаменты. В подсилосном этаже размещено оборудование для транспортирования гранул и самотечные трубы.

В силосном корпусе находятся 20 металлических сварных силосов, размещенных в два ряда. Силосы ⌀ 3,2 м, общей высотой 9,4 м. Крыша силосов горизонтальная, на ней размещен фланцевый загрузочный люк, размер $0{,}5 \times 0{,}6$ м, дыхательный клапан модели КД2-150. Днище силоса конусообразное, высотой 1,3 м, в нижней части его расположен разгрузочный клапан, аналогичный описанному для элеватора вместимостью 15 200 м^3. Силосы снабжены измерительными преобразователями контроля уровня загрузки модели СУ-1ф, позволяющими исключить их перегрузку. Силосы изготовляют на заводе, что позволяет получить высокое качество сварных швов, снизить себестоимость и сократить сроки строительства на объектах. Транспортирование готовых силосов от завода до места строительства производится в автомобилях или железнодорожным транспортом.

В элеваторе нет рабочей башни, однако он оснащен необходимым оборудованием, механизирующим погрузочно-разгрузочные работы. Производительность оборудования по загрузке составляет 12 и по выгрузке — 38 т/ч. Оно состоит из безроликовых ленточных транспортеров, нории и сбрасывающей тележки.

Оборудование элеватора позволяет выполнять одновременно две операции: загрузку гранул в один из силосов и выгрузку их из другого силоса. При приемке гранул в элеватор ленточный транспортер направляет их из охладительной колонки гранулятора к башмаку нории. Из нории гранулы по самотечной трубе и перекидному клапану подают на ленточный транспортер, расположенный в надсилосной галерее. Сбрасывающая тележка позволяет направить гранулы в любой силос. Разгрузка силосов производится через герметичный клапан и самотечную трубу на ленточный транспортер, который перемещает гранулы на поперечный транспортер. Этот транспортер позволяет загружать гранулы непосредственно в транспортные средства.

Управление текущей работой элеватора диспетчеризировано и осуществляется с пульта управления, расположенного в станции РГС. Основные операции выполняются дистанционно, работа механизмов фиксируется на мнемонической схеме пульта управления. Это обеспечивает надежную работу транспортных механизмов и контроль за их работой. Дистанционное управление дублировано местным. У каждого привода механизмов установлены свои кнопочные станции.

РГС необходимого состава элеватор обеспечивается от собственной станции, размещенной в отдельно стоящем здании. Размер здания 9×6 м. Станция укомплектована одним генератором ГНС2А, пультом анализа работы силосов и генератора, пультом управления механизмами элеватора, системами обеспечения генератора и коммуникациями РГС от станции до силосов элеватора. Все оборудование станции РГС и принцип его работы аналогичны ранее приведенному для элеватора вместимостью 152 000 $м^3$.

КОМПЛЕКС ОБОРУДОВАНИЯ С РГС НА ТАУРАГСКОМ ХЛЕБОПРИЕМНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

В СССР первые промышленные опыты по хранению в РГС компонентов комбикормов проводились Всесоюзным заочным институтом пищевой промышленности, институтом «ВНИИПромгаз» и Таурагским хлебоприемным предприятием при содействии Министерства заготовок Литовской ССР. Для осуществления хранения компонентов комбикормов на Таурагском хлебоприемном предприятии был создан экспериментальный комплекс оборудования, в который вошли: станция РГС, металлические силосы № 1 и 2, железобетонный силос № 7, стеллажи с контейнерами и система распределения регулируемой газовой среды к силосам и контейнерам (рис. 10).

Станция РГС располагает тремя генераторами ГНС1. Система их обеспечения включает снабжение сжиженным газом, воздухом, водой и электроэнергией.

Газоснабжение генераторов производят от двух газобаллонных установок, каждая из которых состоит из двух рядов баллонов (по пять баллонов в ряду), сборных коллекторов, регулятора давления газа и запорной

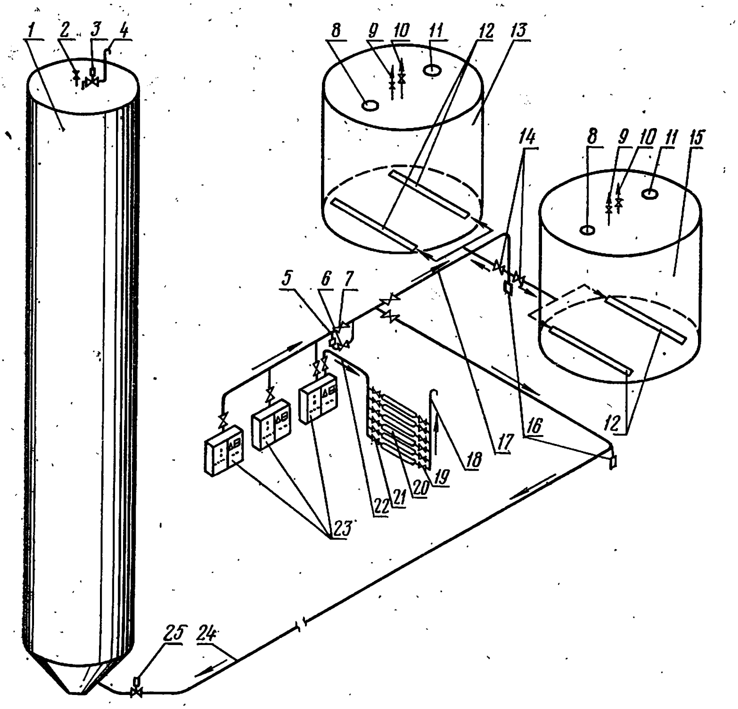

Рис. 10. Экспериментальный комплекс оборудования на Таурагском хлебоприемном предприятии Литовской ССР:

1 — железобетонный силос; *2, 9* — точки отбора анализа РГС; *3, 25* — электромагнитные вентили СВВ-75; *4, 10* — сбросное устройство; *5* — счетчик РГС из силосов; *6, 7, 14, 19, 21* — краны; *8, 11* — загрузочные люки; *12* — крышка загрузочных шнеков; *13, 15* — металлические силосы; *16* — конденсатосборники; *17* — трубопровод РГС к металлическим силосам; *18* — сброс РГС в атмосферу; *20* — контейнеры; *22* — трубопровод РГС к контейнерам; *23* — генераторы ГНС1; *24* — трубопровод РГС к железобетонному силосу.

арматуры. Газобаллонные установки соединены со станцией РГС подземным газопроводом.

Для воздухоснабжения генераторов установлено три компрессора, каждый из которых может подавать воздух в любой генератор.

Металлические силосы *13* и *15* вместимостью 425 м^3, сварные, ∅ 8,5 м и высотой 7,5 м. Для загрузки продуктов они оборудованы заглубленным приемным бункером, норией и скребковым транспортером. Выгрузка производится двумя шнеками *12*. В металлическом силосе по высоте расположено пять газозаборных трубок, кото-

рые позволяют установить динамику изменения состава РГС. Четыре из них неподвижные и находятся на цилиндрической части силоса, а пятая — по центру крыши силоса. Передвижная газозаборная трубка (расположена на цилиндрической части силоса) позволяет определить состав РГС по радиусу силоса.

Измерение температуры травяной муки (в пяти точках по высоте) и наружного воздуха производилось термоподвеской, температура РГС на входе в силос — ртутным термометром.

После загрузки травяной муки и других элементов комбикормов люки *8* и *11*, короба шнеков *12* закрывались заглушками с резиновыми уплотнителями. Для более равномерного распределения РГС по периметру силоса ее подавали под крышки разгрузочных шнеков *12*, а вывод производили централизованно через сбросовое устройство *10*.

Для выявления целесообразности хранения гранулированной травяной муки в железобетонных силосах был выбран силос № 7 в силосном корпусе № 1 элеватора. Это средний силос *1* ⌀ 6 м, высотой 30 м, вместимостью 866 м^3.

Для повышения степени герметичности железобетонного силоса № 7 его внутренние поверхности покрыли эпоксидной смолой с полиэтиленполиаминовым отвердителем. Для создания герметичности в распределительных трубках, а также в разгрузочном люке устанавливались заглушки.

РГС в железобетонный силос подавалась по трубопроводу *24*. Воздух или РГС вытеснялись из силоса по сбросному устройству *4*. На входе и выходе РГС установлены электромагнитные вентили *3* и *25* ⌀ 75 мм с дистанционным приводом.

Чтобы получить более равномерное распределение РГС, в нижней части силоса смонтировано кольцо (⌀ 5,5 м) из трубы ⌀ 50 мм. По периметру кольца имеются отверстия для РГС с шагом 57 мм и ⌀ 7 мм, обращенные вниз. РГС подается к распределительному кольцу коллектором, в центре которого с нижней стороны просверлено отверстие ⌀ 20 мм. Анализ РГС осуществляется в верхней части силоса из штуцера *2*.

По центру железобетонного силоса опущена перфорированная труба ⌀ 0,35 и длиной 5 м, в которой на

трех глубинах (1,3 и 5 м) закладывали контрольные образцы с травяной, рыбной или мясо-костной мукой. В насыпь травяной муки на глубину 1...2 м также закладывали контрольные образцы.

Консервирование в РГС различных компонентов комбикормов с разной влажностью производили в шести пленочных контейнерах *20*, которые были установлены на специальном стеллаже. Контейнеры изготавливали из рукава полиэтиленовой светонестабилизированной пленки толщиной 100 мк. Концы пленочных контейнеров собирали вокруг штуцеров раздаточного и сбросного коллекторов, скрепляли хомутами и герметизировали торец нитрошпаклевкой. На штуцерах сбросного коллектора каждого контейнера смонтированы запорные краны *19, 21* и штуцера с кранами для анализов состава РГС.

Трубопроводы подачи РГС к силосам выполнены с уклоном 3...5° в сторону конденсатосборников *16*, в которых собирается, особенно в зимний период, а затем периодически сливается конденсат. Диаметр трубопровода к металлическим силосам 50 мм, его длина 15 м; к железобетонному № 7 — диаметр 86 мм, длина 127 м. На сборном коллекторе РГС установлен газовый ротационный счетчик *5* типа РГ-100. Анализы состава РГС выполняли на переносном газоанализаторе ГПХ-3М.

Данный комплекс оборудования позволил изучить технологию генерации РГС в металлических и железобетонном силосах в периоды формирования, естественного и принудительного газообмена в силосах. При этом ежедневно фиксировали состав РГС в силосах (перед началом работы генераторов, в процессе работы и после окончания работы), температуру наружного воздуха, травяной муки в силосах, РГС после генераторов и перед входом в силосы, режимы работы генераторов (частоту включения на каждый из силосов, количество и качественный состав подаваемой среды, ее давление и т. д.); период естественного газообмена и влияние на него климатических условий, степени герметичности элеваторов и их вид (металлические, железобетонные).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ СИЛОСОВ

Работы по определению герметичности силосов проводят ежегодно (до и после загрузки силосов) методом измерения скорости падения давления и методом измерения утечек.

Сущность первого метода состоит в искусственном создании определенного давления в испытываемом силосе (после его герметизации) и последующей регистрации скорости падения давления по времени. Время падения давления с 250 до 10 Па в металлических силосах в опытах составляет 4...21 мин (рис. 11). Второй метод предусматривает измерение объемной величины утечки РГС из силоса через неплотности ограждающих конструкций при стабилизированном давлении 10...250 Па. Проверка степени герметичности по методу измерения утечек характеризуется кривыми, приведенными на рисунке 12.

Для более точного определения мест утечки РГС в силосах можно создать давление до 200 Па. Затем просушиванием и обмыливанием мыльной эмульсией находят эти места. Опыт показал, что утечки бывают и в заглушках разгрузочных шнеков, аварийных люках и в некоторых других местах.

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА РГС

Режимы работы оборудования в процессе хранения в РГС различны и обусловливаются периодами формирования и поддержания РГС в элеваторах. Производительность генератора для группы силосов за период формирования РГС (м³/ч)

$$R_{\text{г}}^{\text{ф}} = \frac{24\, V_{\text{сп}} \ln\left[\dfrac{\left(C_{\text{O}_2}^{\text{вп}} - C_{\text{O}_2}^{\text{г}}\right)^{N-1} \cdot \left(C_{\text{O}_2}^{\text{н}} - C_{\text{O}_2}^{\text{г}}\right)}{\left(C_{\text{O}_2}^{\text{нп}} - C_{\text{O}_2}^{\text{г}}\right)^{N}}\right]}{\tau_{\text{р}}\left[\dfrac{24\left(C_{\text{O}_2}^{\text{вп}} - C_{\text{O}_2}^{\text{нп}}\right)}{W_{\text{O}_2}} - N\tau_{\text{пер}} - \tau_{\text{вых}}\right]}, \quad (1)$$

где $V_{\text{сп}}$ — объем свободного пространства силоса, м³; $C_{\text{O}_2}^{\text{вп}}$ и $C_{\text{O}_2}^{\text{нп}}$ — соответственно верхний и нижний допустимые пределы отклонений концентраций кислорода в хранилище от заданного, %; N — количество силосов в хранилище; $C_{\text{O}_2}^{\text{г}}$ — концентрация кислорода в среде после генератора, %; $C_{\text{O}_2}^{\text{н}}$ — начальная концентрация кислорода в силосе (21 %), %; $\tau_{\text{р}}$ — время работы генератора, ч; W_{O_2} — регистрируемая скорость роста кислорода в хранилище, %

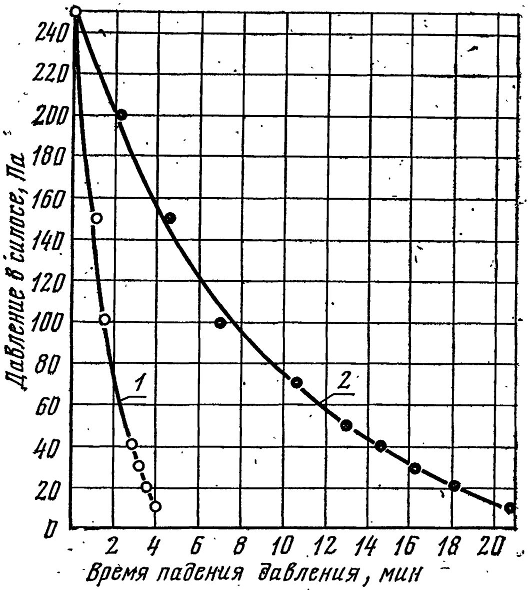

Рис. 11. Скорости падения давления в металлических силосах № 1 и 2 в сезон 1971—1972 гг.:
1 — металлический силос № 1; *2* — металлический силос № 2.

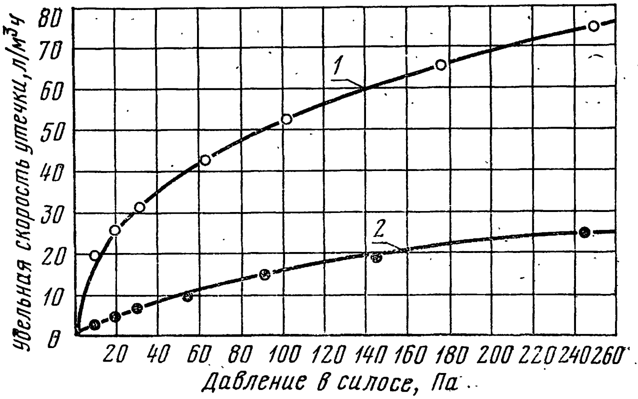

Рис. 12. Графики скорости удельной утечки РГС из металлического силоса № 1 и 2 в сезон 1971—1972 гг.
1 — металлический силос № 1; *2* — металлический силос № 2.

сутки; $\tau_{пер}$ — время переключения генератора с одного силоса на другой, ч; $\tau_{вых}$ — время выхода генератора на режим, ч.

Для снижения в силосе концентрации кислорода с 21 до 1 % производят пуск генератора и настройку его на заданный режим. Обычно стремятся получить наименьшую концентрацию кислорода в составе РГС на выходе из генератора, так как это позволяет сократить время формирования РГС в силосе. При очень небольшом количестве избыточного кислорода в продуктах сгорания появляется химический недожог горючих компонентов газа. Для полного сжигания всех компонентов газа в генераторах типа ГНС избыток кислорода в продуктах сгорания РГС должен быть не менее 0,4... 0,6 % от общего объема газа.

В практических условиях для оценки качества сжигания газа необходимо руководствоваться теоретическими соотношениями кислорода и углекислого газа, получаемыми при сжигании природного и сжиженного газа (рис. 13). Если в процессе настройки генератора фактически полученный состав продуктов сгорания соответствует или отличается от теоретических соотношений не более ±0,2 %, то газ горит нормально. Но в ре-

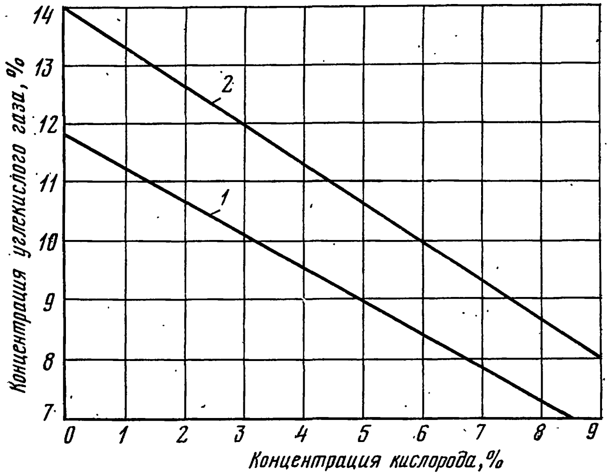

Рис. 13. Теоретическое соотношение кислорода и углекислого газа при сжигании углеводородных газов:
1 — природный газ; *2* — сжиженный газ.

альных условиях при настройке генераторов может встретиться один из двух приведенных вариантов, когда горение происходит неправильно (табл. 8).

Таблица 8. **Настройка генератора на заданный режим**

№ анализа	Время, ч—мин.	Давление, гПа		Состав РГС на выходе из генератора, %	
		газа	воздуха	O_2	CO_2
		Первый вариант (химический недожог в первоначальный период)			
1	9—45	52,5	12,5	0,2	9,4
2	9—48	51,0	12,5	0,4	10,0
3	9—50	48,0	12,5	0,4	10,8
4	9—53	46,0	12,5	0,2	12,4
5	9—55	44,0	12,5	0,4	13,0
6	10—00	41,0	12,0	0,4	13,6
7	10—05	41,0	12,5	0,4	13,6
		Второй вариант (избыток воздуха в первоначальный период)			
1	10—15	36,0	16,0	1,4	13,0
2	10—19	39,0	16,0	1,0	13,2
3	10—25	40,0	16,0	0,8	13,4
4	10—29	41,0	16,0	0,6	13,6
5	10—35	41,0	16,0	0,6	13,6
6	10—40	41,0	16,0	0,6	13,6

В первом из них фактический анализ состава РГС, выполненный через 5 мин после включения генератора, показал, что количество кислорода 0,2 %, а углекислого газа 9,4 %. Пониженная концентрация на 5,4 % по отношению к теоретической концентрации углекислого газа указывает на наличие химической неполноты горения. Чтобы исключить ее, уменьшается давление газа, а следовательно, и его расход. Во 2, 3, 4 и 5-м анализах количество углекислого газа растет, и на 15-й минуте генератор выведен на оптимальный режим с содержанием кислорода 0,4 % и углекислого газа 13,6 %. Последующие анализы достаточно стабильны, так как отклонения концентраций от расчетных составляют 0,2... 0,3 % объемных, что вполне допустимо (точность анализов на газоанализаторе составляет ±0,2 %).

Во втором варианте необходимо было получить концентрацию кислорода 0,4...0,6 %, а первый анализ показал 1,4 % кислорода и 13,0 % углекислого газа, т. е.

избыток кислорода. Для снижения концентрации кислорода было увеличено давление газа с 36 гПа до 40, а потом до 41 гПа. В четвертом анализе получен необходимый состав газовой смеси: кислорода — 0,6 % и углекислого газа — 13,6 %. Соотношение кислорода и углекислого газа соответствовало теоретическому, следовательно сжигание газа было нормальным.

После пятиминутного подогрева камеры сгорания первый генератор начинает работать на оптимальном режиме в первом случае через 15 мин, во втором — 14 мин. При необходимости второй и третий генераторы запускали также, после чего РГС направляли в силос.

Теоретические расчеты по формуле (1) и последующая проверка в практических условиях показали, что время формирования РГС может быть значительно сокращено, если ее создавать после загрузки силосов, так как при этом вытесняется воздух не из полного объема силоса, а только из межгранульного пространства. Кроме того, предварительно созданная среда при загрузке силоса травяной мукой неизбежно обогатится кислородом и потребуется определенное время для понижения его концентрации до нижнего допустимого предела. Учитывая вышеизложенное, РГС в силосах формировали только после загрузки их травяной мукой.

После завершения процесса формирования в металлических силосах № 1 и 2 изучали равномерность распределения кислорода по высоте и радиусу силоса. Опыты показали, что от удельного расхода она не зависит, и при подаче из генератора РГС с 0,5 % кислорода на момент окончания формирования по ширине (радиусу) силоса концентрация кислорода была практически одинаковой, а по высоте незначительно росла снизу вверх (табл. 9).

Таблица 9. **Состав РГС, %**

Компоненты РГС	Высота силоса, м					Расстояние по радиусу силоса, м, на высоте 2,5 м			
	0,5	1,5	2,5	3,5	7,5	0,0	0,5	1,5	4,0
Кислород	0,4	0,8	0,9	1,0	1,0	0,8	1,0	0,9	0,8
Углекислый газ	13,6	13,2	13,0	12,8	12,8	13,2	13,0	13,0	13,2
Азот	86,0	86,0	86,1	86,2	86,2	86,0	86,0	86,1	86,0

Изучение распределения РГС по высоте силоса в периоды естественного газообмена показало, что колебания концентраций невелики и, как правило, не превышают 0,6...0,8 %. Это позволило рекомендовать одну точку для оценки среднего состава РГС в силосах. Так как ее подавали снизу силоса вверх, то верхняя точка, расположенная на выходе РГС из силоса, — наиболее удобная для отбора проб на анализ.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖАНИЯ СОСТАВА РГС

После того как в силосе создан заданный состав РГС, наступает длительный период хранения, в течение которого в силосе происходит чередование периодов естественного и принудительного газообменов. Существование периода естественного газообмена обусловлено принятой в настоящее время технологией генерации РГС, согласно которой допускаются колебания ее компонентов в определенных пределах. Длительность периода естественного газообмена τ, ч, может быть представлена формулой

$$\tau_{O_2}^{\text{ег}} = \frac{24\left(C_{O_2}^{\text{вп}} - C_{O_2}^{\text{нп}}\right)}{W_{O_2}}, \qquad (2)$$

где $C_{O_2}^{\text{вп}}$, $C_{O_2}^{\text{нп}}$ — верхний и нижний допустимые пределы отклонения концентрации кислорода в силосе; W_{O_2} — скорость изменения концентрации кислорода.

Величина $(C_{O_2}^{\text{вп}} - C_{O_2}^{\text{нп}})$ постоянна и составляет 1...2 %.

Величина W_{O_2} зависит от степени герметичности силоса или, точнее, от воздухообмена, происходящего в силосе в период естественного газообмена. Воздухообмен Ψ_{O_2}, воздухообмен/сутки, в силосе, т. е. отношение вошедшего объема воздуха за сутки к объему свободного пространства, описывается следующим уравнением:

$$\Psi_{O_2} = \frac{21 - C_{O_2}^{\text{н}}}{21 - C_{O_2}^{\text{к}}}, \qquad (3)$$

где $C_{O_2}^{\text{н}}$ — начальная концентрация кислорода в силосе, %; $C_{O_2}^{\text{к}}$ — конечная концентрация кислорода в силосе, %.

При увеличении концентрации кислорода выше верхнего допустимого предела необходимо восстановление РГС. Для этого концентрацию кислорода в силосе необходимо понизить только на 1...2 %. Необходимая по-

дача генератора для группы силосов $R_г^п$, м³/ч, определяется по предложенной автором формуле:

$$R_г^п = \frac{24 V_{сп} N \ln \dfrac{C_{O_2}^{вп} - C_{O_2}^{г}}{C_{O_2}^{нп} - C_{O_2}^{г}}}{\tau_р \left[\dfrac{24 (C_{O_2}^{вп} - C_{O_2}^{нп})}{W_{O_2}} - \tau_{пер} (N - 1) - \tau_{вых} \right]}. \quad (4)$$

Как показал опыт эксплуатации хранилищ с РГС, абсолютно непроницаемыми для воздуха не являются даже металлические сварные силосы. Фланцевые соединения загрузочных и разгрузочных люков, сварные швы, места входа измерительных приборов и т. д. имеют неплотности, через которые внутрь силоса поступает воздух, и чем больше общая площадь фильтрации воздуха, тем быстрее растет содержание кислорода в хранилище.

Для изучения влияния различных факторов на величину и скорость изменения компонентов РГС в период естественного газообмена были проведены специальные исследования (рис. 14).

В течение пяти суток через каждый час регистрировались: состав РГС, давление в силосе, температура наружного воздуха в тени и на солнечной стороне, барометрическое давление и скорость ветра.

Степень герметичности металлического силоса № 1 была приблизительно в 2...3 раза ниже, чем в металлическом силосе № 2. Если в металлическом силосе № 2 за период исследований концентрации кислорода и углекислого газа отклонялись в пределах ±0,5 % и сохранялись в течение пяти дней на постоянном уровне (кислорода 1,5 и углекислого газа 15 %), то в металлическом силосе № 1 отклонения концентраций кислорода достигали 12...13 % (на левой части рис. 14, *а*). Скорости роста кислорода в металлическом силосе № 2 практически равны нулю, а в металлическом силосе № 1 достигали 1,2 %/сутки. Было установлено, что резкое повышение концентрации кислорода в металлическом силосе № 1 происходит ночью; подобное явление можно проследить и в металлическом силосе № 2.

Исследование влияния температуры наружного воздуха, барометрического давления и скорости ветра на состав РГС в силосе показало, что решающим фактором является температура наружного воздуха (см. рис. 14,

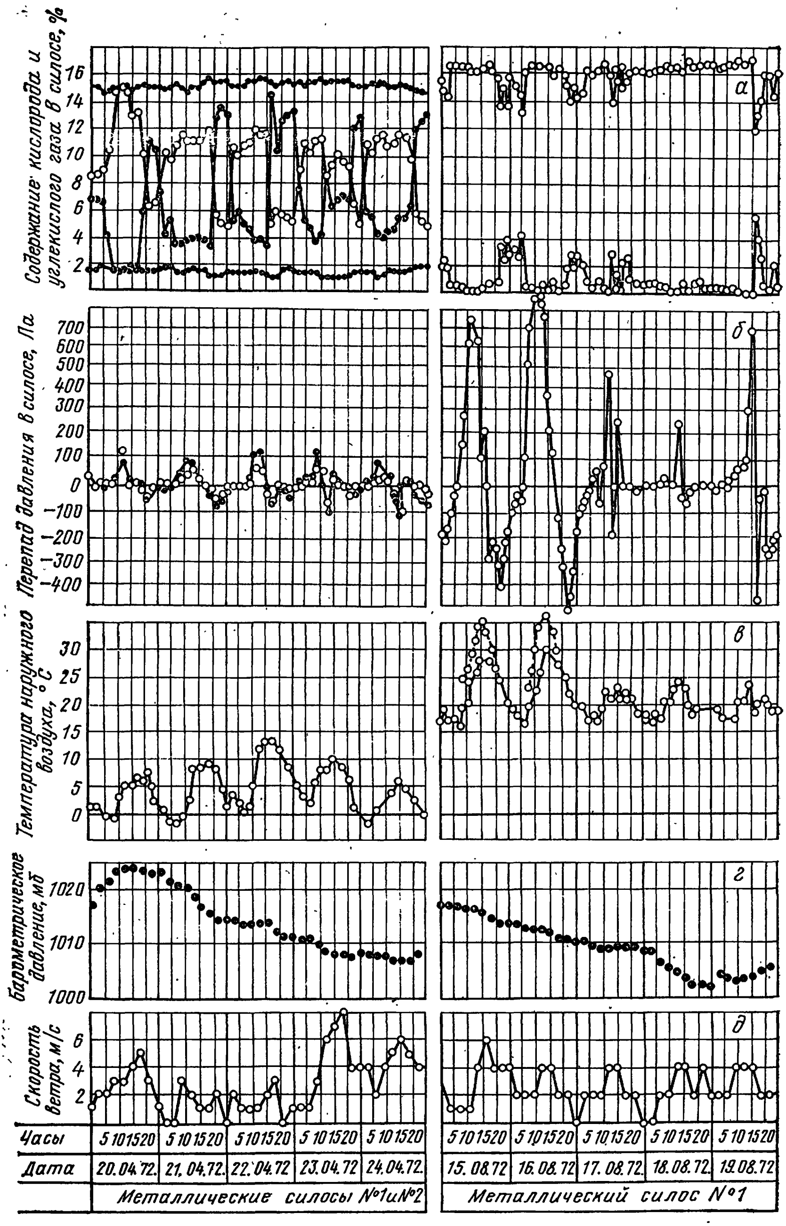

Рис. 14. Влияние различных факторов на величину и скорость изменения компонентов РГС в период естественного газообмена.

в, г, д). Понижение температуры наружного воздуха приводит к охлаждению и уменьшению объема РГС в наружном слое силоса; в нем образуется некоторый вакуум, заставляющий воздух входить в силос через все неплотности, имеющиеся в ограждающих конструкциях. Количество вошедшего воздуха зависит от величины вакуума и площади фильтрации, т. е. от степени герметичности силоса.

Скорость ветра, по всей вероятности, оказывает влияние на скорость увеличения концентрации кислорода в силосе, хотя и нерешающее, например, в дневное время она возрастает. Так, 22.04.72 г. концентрация кислорода в металлическом силосе № 1 была максимальной, а разность в скоростях ветра между днем и ночью минимальной. Падение температуры наружного воздуха в эту ночь самое большое — 12,5 °C.

Повторно аналогичные исследования были выполнены в металлических силосах № 1 и 2 с 15.08.72 г. по 19.08.72 г. после дополнительной герметизации. Они подтвердили ранее сделанные выводы. На рисунке 14 (см. правую часть) представлены данные по металлическому силосу № 1.

В среднем суточные скорости концентрации кислорода не изменяются. Повышение концентрации кислорода в ночь на 16 и 17 августа составило всего лишь 2...3 %, а днем концентрация кислорода понизилась до 0,5...1 %.

Таким образом, подтверждается высокая степень герметичности металлического силоса № 1 в сезон 1972 г. В рассматриваемую пятидневку наблюдалось чередование пасмурной, дождливой и солнечной погоды. Это позволило оценить влияние этих факторов на режим работы силоса.

Установлено, что влияние солнечной радиации огромно. Максимальные пики давлений в силосе согласуются с максимальными пиками температур наружного воздуха не в тени, а на солнечной стороне *.

В часы, когда идет дождь, наблюдаются понижение давления в силосе и соответствующее увеличение концентрации кислорода (17.08.72 г. с 7 до 9 ч. и с 13 до 14 ч.). Это явление объясняется высоким отбором тепла ветром с мокрой поверхности силоса; в результате верх-

* Эти температуры обозначены на графике (рис. 14, *в*) кружками.

ние слои РГС охлаждаются, в силосе создается разрежение и концентрация кислорода растет. Появление солнца с 9 до 13 ч и с 14 до 17 ч сопровождается повышением давления в силосе и соответственно снижением содержания кислорода в наружных слоях насыпи, так как поступающая из центра силоса среда вытесняет наружный слой.

Например, 19.08.72 г. до 14 ч дня была пасмурная погода с дождем, в 14 ч 30 мин появилось солнце и давление в силосе возросло до 290 Па; в 14 ч 50 мин — около 560 Па; в 15 ч 35 мин начался дождь, и к 15 ч 50 мин давление в силосе упало до 450 Па; т. е. за 15 мин оно снизилось на 110 Па. На графике (рис. 14, *а*) этому моменту соответствуют резкое увеличение концентрации кислорода с 0,2 до 6 % и падение углекислого газа. Сказанное свидетельствует о высокой чувствительности отдельно стоящих металлических силосов к изменению погодных условий.

Таким образом, можно заключить, что резкое изменение атмосферных условий немедленно сказывается на концентрации кислорода и углекислого газа в наружном слое; по мере повышения давления в силосе из наружного слоя насыпи удаляется (через неплотности) воздух, перемешанный с РГС; концентрации кислорода и углекислого газа приближаются к исходным. Подчеркнем, что это свойственно силосам, имеющим достаточную степень герметичности.

Влияние диффузионного объема на скорость изменения состава РГС в относительно герметичных силосах незначительно. Особенно ясно это стало после исследований режима работы железобетонного силоса № 7 в период естественного газообмена сезона 1971—1972 гг. Степень герметичности железобетонного силоса № 7 несоизмеримо ниже, чем металлических силосов № 1 и 2.

Это приводило к постоянному повышению концентрации кислорода в ночное и дневное время, но в дневное — менее интенсивно.

Известно, что диффузионный обмен происходит под влиянием разности парциальных давлений газов, а так как она при хранении в РГС постоянна (21 % кислорода в воздухе и 1...5 % кислорода в составе РГС), то и повышение концентрации кислорода должно идти непрерывно, что не наблюдается в металлических силосах № 1 и 2, но имеет место в железобетонном силосе № 7.

Следовательно, диффузионный газообмен свойствен только силосам с низкой степенью герметичности.

Следует подчеркнуть важность выбора времени отбора проб РГС. Ранним утром еще идет процесс вытеснения наружных слоев РГС из силоса; заканчивается он к 8...9 ч. Таким образом, наиболее целесообразным временем анализа состава РГС в отдельно стоящих силосах следует считать время с 8 до 10 ч утра.

Естественно, что ряд высказанных положений характерен только для климатических условий Прибалтики и близлежащих районов. Режимы работы силосов в периоды естественного газообмена для других районов страны требуют дополнительных исследований по подобной методике.

Представляет интерес рассмотрение работы силосов и генераторов за все три сезона хранения. Это позволит оценить режимы работы генераторов и силосов в зависимости от времени года, различных содержаний (1, 2, 3, 4, 5, 7 %) кислорода, а также влияние этих концентраций на режим работы генераторов.

Динамика подекадных концентраций кислорода и углекислого газа, удельные расходы РГС и скорости повышения концентрации кислорода представлены графически на рисунках 15...18, а среднесезонные, упомянутые выше, и некоторые другие — в таблице 10.

Анализ среднедекадных концентраций кислорода показывает, что в промышленных условиях при наличии одного генератора ГНС1 в первый сезон, а в последующие — трех удалось поддержать в допустимых пределах (±0,5 %) заданные концентрации кислорода как в металлических, так и в железобетонных силосах. Вопрос состоял только в числе генераторовключений и в удельных расходах РГС, которые диктовались заданным режимом по концентрации кислорода и скоростями ее повышения.

Скорости увеличения концентраций кислорода при хранении были неодинаковы. В этом отношении характерна динамика скоростей концентраций в достаточно герметичном металлическом силосе № 2 с июля 1970 г. по июнь 1971 г. В летние месяцы скорости концентраций кислорода значительно выше, чем в зимние. В июле, августе и сентябре скорость составляла соответственно 0,30; 0,20 и 0,16 %/сутки, в остальные месяцы сезона колебалась в пределах 0,02...0,05 %/сутки. Среднесе-

Таблица 10. **Режимы работы оборудования и силосов при хранении гранулированной травяной муки на Таурагском хлебоприемном предприятии (средние данные)**

Силос	Продолжительность хранения, г	Масса травяной муки, т	Продолжительность хранения, сутки	Температура насыпи травяной муки, °С	Режим работы генераторов						Режим работы силосов			
					число генераторовключений	общая продолжительность работы генератора, ч	общий расход РГС, тыс. м³	удельный расход РГ, м³/(т·сутки)	состав РГС на выходе генератора, %		кислород		углекислый газ	
									кислород	углекислый газ	средняя концентрация, %	скорость роста концентрации, %/сутки	средняя концентрация, %	скорость падения концентрации, %/сутки
МС-2	14.07.70—8.06.71	210	330	17	68	323	10,10	0,150	0,6	13,6	1,0	+0,08	13,9	—0,05
МС-1	12.08.71—15.05.72	213	278	16	141	1050	35,90	0,601	0,6	13,8	2,1	+0,73	10,9	—0,47
МС-2	25.08.71—4.05.72	227	254	16	26	135	4,19	0,074	0,6	13,6	2,3	+0,14	12,8	—0,07
МС-1	26.07.72—11.04.73	200	261	17	12	49	1,48	0,028	0,4	13,8	0,6	+0,035	15,5	—0,013
МС-2	8.09.72—10.04.73	198	215	17	24	99	3,44	0,080	0,4	13,6	2,9	+0,07	12,6	—0,05
ЖБС-7	18.08.71—14.03.72	600	210	20	136	1650	55,42	0,453	0,6	13,8	5,0	+2,21	9,7	—1,25
ЖБС-7	19.07.72—18.01.73	500	183	21	114	1003	30,97	0,357	0,6	13,6	7,0	+7,9	6,9	—7,3
МС-2	1.09.70—31.03.71	210	210	17	28	104	3,23	0,084	0,6	13,6	1,0	+0,075	13,4	—0,01
МС-1	1.09.71—31.03.72	213	212	16	88	699	23,76	0,611	0,6	13,8	2,0	+0,49	10,6	—0,475
МС-2	1.09.71—31.03.72	227	212	16	17	74	2,30	0,056	0,6	13,6	2,4	+0,10	12,5	—0,05
МС-1	1.09.72—31.03.73	200	212	17	10	48	1,46	0,028	0,4	13,8	0,6	+0,038	15,2	—0,013
МС-2	1.09.72—31.03.73	198	212	17	19	35	2,91	0,081	0,4	13,6	3,0	+0,05	12,8	—0,04
ЖБС-7	1.09.71—31.03.72	600	212	20	98	1234	40,75	0,370	0,6	13,8	5,5	+1,8	9,5	—1,19
ЖБС-7	1.09.72—18.01.73	500	140	21	106	792	23,78	0,344	0,6	13,6	7,0	+7,0	6,8	—7,5

Примечание. МС-1 — металлический силос № 1; МС-2 — металлический силос № 2; ЖБС — железобетонный силос № 7.

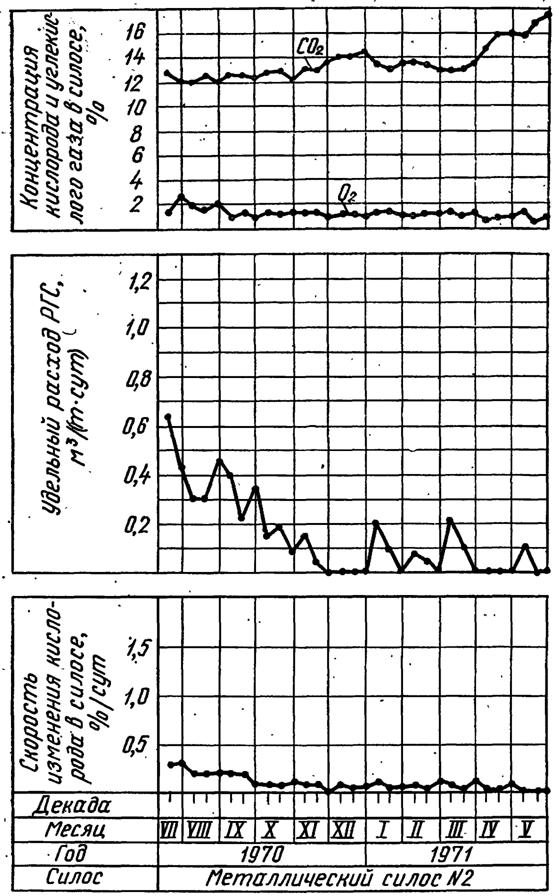

Рис. 15. Динамика режимов работы металлического силоса № 2 в сезон 1970—1971 гг.

зонная скорость роста кислорода составила 0,075 %/сутки *. Это вполне объяснимо, если учесть, что в июле, августе и сентябре значительно больше солнечных дней, чем в зимний период. Кроме того, разность дневной (солнечной) и ночной температур наружного воздуха в летний период в два раза больше, чем в зимний.

* Так как начало и конец хранения в разные сезоны различны, а время года влияет на режим работы силосов, то здесь и в дальнейшем сопоставление ведется по средним данным с сентября по март.

Аналогично увеличилась скорость концентрации кислорода в металлическом силосе № 2 и в сезон 1971—1972 гг., хотя это было менее выражено, так как хранение начали только в конце августа. Среднесезонная скорость концентрации кислорода составила +0,1 %/сутки. В соответствии с этим работали и генераторы: в июле—августе удельный расход РГС составлял 0,20...0,55 м³/(т·сутки), в декабре—марте 0,05...0,10 м³/(т·сутки). Однако были декады, когда РГС совсем не подавали, а концентрация кислорода поддерживалась в допустимых пределах. Можно считать, что периодическое прекращение подачи РГС — характерная черта достаточно герметичных силосов.

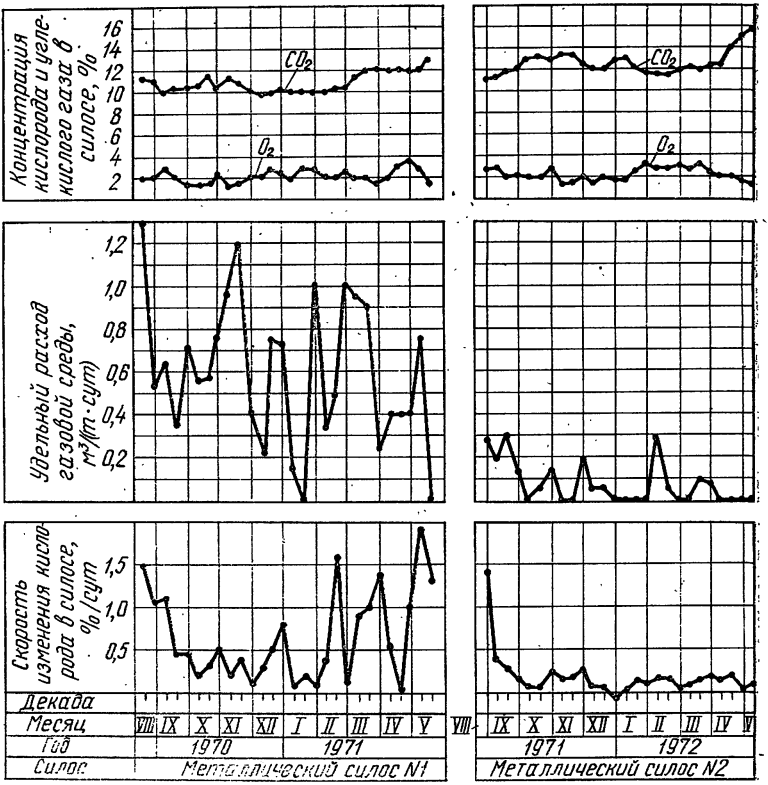

Рис. 16. Динамика режимов работы металлических силосов № 1 и 2 и генераторов ГНС1 в сезон 1971—1972 гг.

При оценке степени герметичности силосов по средним скоростям концентрации кислорода за период с сентября по март сезона 1971—1972 гг. установили, что герметичность металлического силоса № 1 в 4,9 раза, а железобетонного № 7 в 18 раз ниже, чем металлического силоса № 2. Это привело к тому, что в металли-

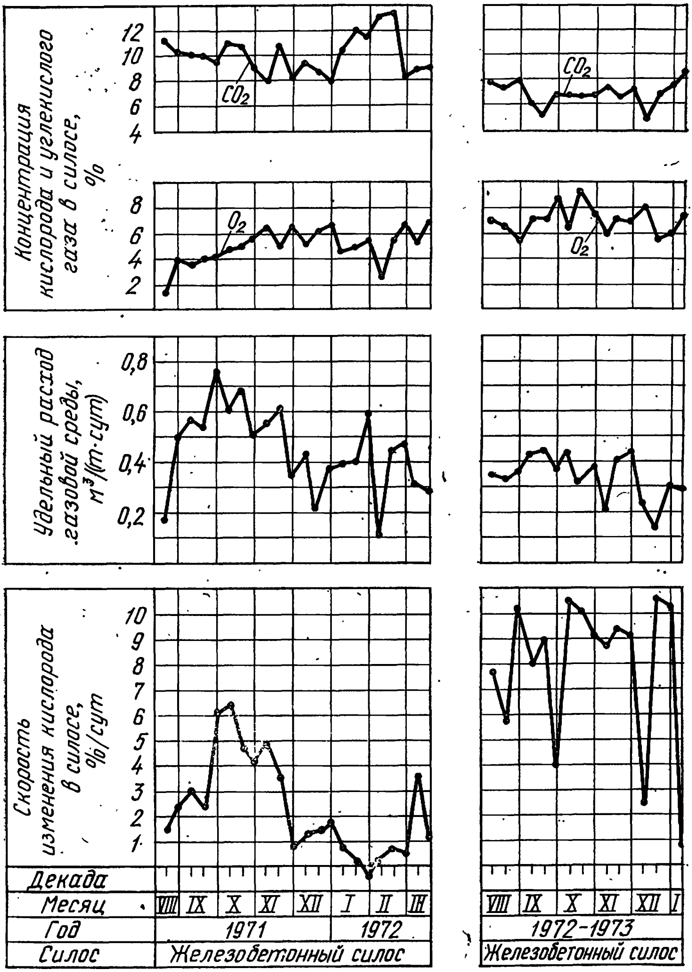

Рис. 17. Динамика режимов работы железобетонного силоса и генераторов ГНС1 в сезон 1971—1972 гг.

ческом силосе № 1 средняя скорость концентрации кислорода составила 0,49 %/сутки, а в железобетонном № 7 — 1,8 %/сутки. В целом и удельные расходы РГС значительно больше: в металлическом силосе № 1 — 0,611 м³/(т·сутки) и в железобетонном № 7 — 0,370 м³/(т·сутки). Однако они не пропорциональны степени герметичности. Так, в металлическом силосе № 1 удельный расход среды в 11 раз выше, чем в металлическом силосе № 2 (соответственно 0,611 м³/(т·сутки) и 0,56 м³/(т·сутки), в то время как скорости концентрации кислорода только в 4,9 раза выше в металлическом силосе

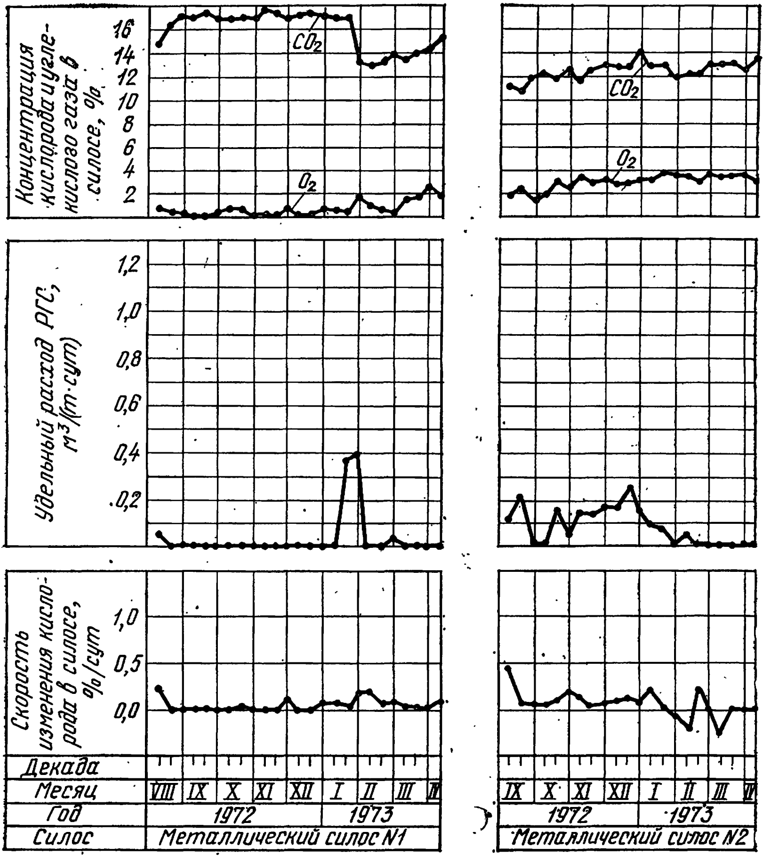

Рис. 18. Динамика режимов работы металлических силосов № 1 и 2 в сезон 1972—1973 гг.

№ 1. Объяснить это можно различием средних концентраций кислорода (в металлическом силосе № 1 — 2 %, а в силосе № 2 — 2,4 %).

Если бы в металлическом силосе № 2 потребовалось поддержать не 2,4 % кислорода, а 2,0 %, то удельную подачу пришлось бы удвоить [$0{,}056 \times 2 = 0{,}112$ м^3/(т·сутки)], тогда удельные подачи стали бы пропорциональны степени герметичности этих силосов, т. е. в металлический силос № 1 подано было бы приблизительно в пять раз больше РГС *.

Более высокой средней концентрацией кислорода в железобетонном силосе № 7 (5,5 %) объясняется меньшая удельная подача РГС [0,370 м^3/(т·сутки)] по сравнению с металлическим силосом № 1 [0,611 м^3/(т·сутки)], так как с увеличением поддерживаемой в силосе концентрации кислорода уменьшается удельная подача РГС. Из сказанного следует, что наряду со степенью герметичности силосов поддерживаемая величина концентрации кислорода существенно влияет на удельный расход РГС.

Проведенные работы по повышению герметичности металлических силосов № 1 и 2 в начале сезона 1972 г. значительно отразились на режимах работы силосов в период естественного газообмена. Скорости увеличения концентрации кислорода в металлическом силосе № 1 составили за сезон 0,038 %/сутки, что в 15 раз меньше, чем в сезон 1971—1972 гг., в металлическом силосе № 2 — 0,05 %/сутки. В результате потребовался значительно меньший средний удельный расход РГС: в металлическом силосе № 1 — 0,028 м^3/(т·сутки), в металлическом силосе № 2 — 0,081 м^3/(т·сутки).

Рассматривая график (см. рис. 18), видим, что из 26 декад, в течение которых хранили травяную муку в металлическом силосе № 1, генераторы работали только в течение четырех декад. Следовательно, от степени герметичности силосов зависят удельные подачи РГС.

Накопленный опыт хранения в РГС гранулированной травяной муки показывает, что после окончания строительства металлических силосов совершенно необходима

---

* Если выполнить расчет по формуле (4) при заданных концентрациях кислорода 2 и 2,4 % и соответствующих верхних и нижних допустимых пределах отклонений, то получим приблизительно удвоение расхода при концентрации кислорода 2 %.

тщательная проверка их герметичности, поиск мест утечки и их устранение. Учитывая, что необходимая степень герметичности металлического силоса № 2 в сезон 1970—1971 гг. была получена после строительства без дополнительных работ, а также и то, что в металлических силосах № 1 и 2 удалось значительно повысить ее в сезон 1972—1973 гг., можно рекомендовать при широком промышленном внедрении время падения давления с 250 до 100 Па за 20 мин, как целесообразное и вполне достижимое в практических условиях. Возможные скорости увеличения концентрации кислорода, при указанных параметрах предварительной проверки герметичности, для Прибалтики и близлежащих районов должны составлять 0,03...0,1 %/сутки, а удельные расходы РГС 0,05...0,15 м³/(т·сутки).

Глава 3

ХРАНЕНИЕ ТРАВЯНОЙ МУКИ

Как правило, травяную муку хранят от одного до другого уборочного сезона, т. е. 8...9 месяцев. Большинство химических элементов травяной муки слабо изменяется в процессе хранения. Каротин же травяной муки, являясь ненасыщенным углеводородом, легко окисляется в процессе хранения под действием кислорода воздуха, температуры, влажности, освещения и других факторов. Снижение содержания каротина при неправильной организации хранения травяной муки сильно обесценивает ее как витаминную добавку.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТРАВЯНОЙ МУКИ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ПРИ ЕЕ ХРАНЕНИИ

Травяная мука (негранулированная, гранулированная) характеризуется следующими физическими свойствами: объемной массой, самосортированием, скважистостью, а также способностью сорбировать и десорбировать пары и газы, температуропроводностью. Эти свойства имеют важное значение как при производстве и транспортировании, так и при хранении травяной муки. Они в значительной степени влияют на изменение содержания питательных веществ в травяной муке при ее длительном хранении.

Объемная масса. При загрузке травяной муки в силосы и выгрузке из них, перевозке (выгрузке из автомобилей и загрузке в склады) некоторые гранулы травяной муки дробятся и образуют мучнистые частицы и крошку, вследствие чего изменяется и объемная масса травяной муки. Данные об объемной массе при различных соотношениях указанных фракций представлены в таблице 11.

Таблица 11. **Объемная масса гранулированной травяной муки в различном соотношении фракций**

Фракции, %		Объемная масса, г/л
сход с сита 4 × 20 мм	проход через сито 4 × 20 мм	
90	10	675
80	20	670
70	30	662
60	40	646
50	50	627

Как видно из таблицы 11, с увеличением процента мелкой фракции (дробленых гранул) объемная масса гранулированной травяной муки уменьшается. Объемную массу травяной муки необходимо знать при расчете силосов для хранения.

Самосортирование. Насыпь гранулированной травяной муки неоднородна: в ней есть целые и дробленые гранулы различных размеров, а также пылевидные частицы. Так как парусность указанных компонентов разная, происходит самосортирование при загрузке травяной муки в силос, загрузке в автомобили и выгрузке из них.

При формировании насыпи гранулированной травяной муки в ней образуются участки, резко отличающиеся друг от друга. В центральной части конусообразной насыпи находятся в основном целые гранулы, по мере удаления от вершины к основанию конуса насыпи процент целых гранул уменьшается, а у основания накапливается фракция мелкодробленых гранул и пылевидных частиц. Следовательно, при загрузке гранулированной травяной муки в силос элеватора насыпь будет расслаиваться по фракциям по мере отдаления от центра к периферии.

При загрузке в склады в местах смыкания соседних

конусообразных насыпей резко повышается количество мелкодробленых и пылевидных частиц.

Скважистость. Промежутки (скважины) между гранулами в насыпи гранулированной травяной муки заполнены воздухом. От величины и структуры скважистости в значительной мере зависит воздухо- и газопроницаемость насыпей, интенсивность процессов влагообмена с окружающей атмосферой, а также потребность в хранилищах (табл. 12).

Таблица 12. **Скважистость гранулированной травяной муки**

Соотношение фракций, %		Скважистость, %
сход с сита 4 × 20 мм	проход через сито 4 × 20 мм	
90	10	52
80	20	47
70	30	46
60	40	45
50	50	44

Данные таблицы показывают, что увеличение мелких фракций приводит к изменению не только величин скважистости, но и структуры скважин: частички дробленых гранул, размещаясь в межгранульных пространствах, заполняют их.

На величину скважистости оказывают также влияние давление верхних слоев, способы формирования и продолжительность хранения.

Гигроскопичность. Качество травяной муки в процессе хранения в значительной степени зависит от ее гигроскопичности.

Известно, что между продуктами растительного происхождения и окружающим их воздухом происходят процессы влагообмена. При высокой относительной влажности воздуха и низкой влажности травяной муки она сорбирует парообразную влагу из воздуха, в результате чего влажность травяной муки повышается. При обратном явлении происходит десорбция влаги из частичек муки и ее влажность снижается.

Величины равновесной влажности травяной муки при различной относительной влажности воздуха приведены в таблице 13.

Равновесная влажность гранулированной травяной муки колеблется от 5,2 до 49,9 %, а негранулирован-

Таблица 13. **Равновесная влажность травяной муки при различной относительной влажности воздуха**

Вид муки	Относительная влажность воздуха, %								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Равновесная влажность муки, %									
Негранулированная	6,5	6,8	7,3	8,6	10,6	15,5	19,3	29,7	54,3
Гранулированная	5,2	5,3	6,2	7,3	8,8	13,1	16,4	26,7	49,9
Разница	1,3	1,5	1,1	1,3	1,8	2,4	2,9	3,0	4,4

ной — от 6,5 до 54,3 %. В негранулированной травяной муке при всех значениях относительной влажности воздуха она выше, чем в гранулированной. При относительной влажности воздуха 20 % эта разница составляет 1,3 %, а при увеличении относительной влажности воздуха до 60 % и выше она увеличивается и при 100 %-ной влажности достигает 4,4 %. Это можно объяснить тем, что в негранулированной травяной муке большая активная поверхность. Данные об изменении влажности травяной муки представлены в таблице 14.

Таблица 14. **Скорость изменения влажности гранулированной и негранулированной травяной муки при 100%-ной относительной влажности воздуха**

Период хранения, сутки	Увеличение влажности травяной муки, за каждые 10 суток, %		
	гранулированная	негранулированная	разница
10	15,94	18,64	2,70
20	5,64	6,32	0,68
30	3,32	4,22	0,90
40	2,78	3,43	0,65
50	2,53	3,08	0,55
60	2,46	2,84	0,38
70	2,38	2,75	0,37
80	2,02	2,38	0,36
90	1,82	2,16	0,34
100	1,64	2,00	0,36
110	1,43	1,65	0,22
120	1,06	1,06	0

Анализ таблицы 14 показывает, что скорость сорбции влаги снижается по мере увеличения продолжительности хранения травяной муки. Вместе с тем в течение всех 120 суток негранулированная травяная мука более интенсивно сорбировала влагу. Это объясняется тем,

что масса негранулированной травяной муки по сравнению с гранулированной имеет относительно бо́льшую активную поверхность, на которой происходят процессы влагообмена с воздухом. За первые десять суток прирост содержания влаги в негранулированной травяной муке на 2,7 % больше, чем в гранулированной, и равен 18,64 %. Затем эта разница постепенно уменьшается и через 120 суток хранения травяной муки падает до нуля. Это происходит при достижении равновесной влажности.

Высокая сорбционная способность имеет большое практическое значение при хранении травяной муки. Муку обычно вырабатывают с влажностью 8...10 % и хранят на площадках или под навесом при свободном доступе воздуха. При относительной влажности воздуха выше 60 %, которая в районах достаточного увлажнения наблюдается довольно часто, возможно значительное увлажнение травяной муки. Это приводит к интенсивному развитию микрофлоры, особенно плесневых грибов, результатом чего может быть снижение качества травяной муки. Кроме того, при повышенной влажности гранулы травяной муки разрыхляются, при перемещении дробятся и тяжело выгружаются из силосов.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ТРАВЯНОЙ МУКИ ПРИ ХРАНЕНИИ

Влияние влажности на содержание каротина. Около 70 % травяной муки поступает на заготовительные предприятия влажностью до 10 %, 20 % муки — влажностью от 10 до 11 % и только 10 % — влажностью более 11 %.

Опыт показал, что при повышении влажности гранулированной травяной муки с 8 до 18 % потери каротина в процессе ее хранения постепенно снижаются (рис. 19). Так, за первый месяц хранения потери составили: при влажности муки 8 % — 15 %; при влажности 18 % — 9 %, а за девять месяцев соответственно 43 и 33 %. При хранении негранулированной травяной муки (рис. 20) проявляется та же закономерность. Однако потери каротина в негранулированной травяной муке несколько больше, чем в гранулированной. При повышении влажности муки с 8 до 18 % по истечении месяца хранения потери составляют: в травяной муке влаж-

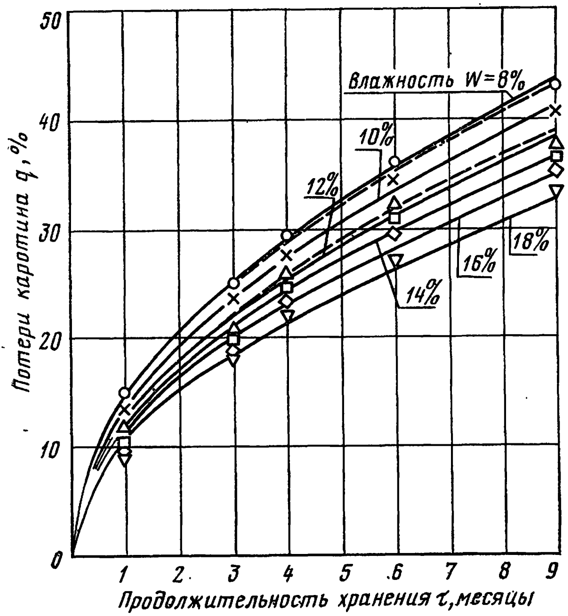

Рис. 19. Потери каротина в гранулированной травяной муке различной влажности в процессе хранения при температуре 5 °С.

ностью 8 %—20 %, влажностью 18 %—12,5 %, а через девять месяцев соответственно 55 и 40 %.

Из указанного можно сделать вывод, что пересушивание травяной муки и хранение ее с влажностью ниже 13 % нежелательны. Оно не только повышает расход топлива и снижает производительность сушильных агрегатов и поточных линий в целом, но и приводит к повышению потерь каротина.

Влияние температуры на содержание каротина. Работы М. Г. Голика и И. П. Александровой определили влияние температуры на потери каротина при хранении травяной муки. Исследования проводились на гранулированной и негранулированной травяной муке влажностью 12 %.

Образцы при температуре 10° и 0 °С хранили в камерах Всесоюзного научно-исследовательского института холодильной промышленности, при температуре

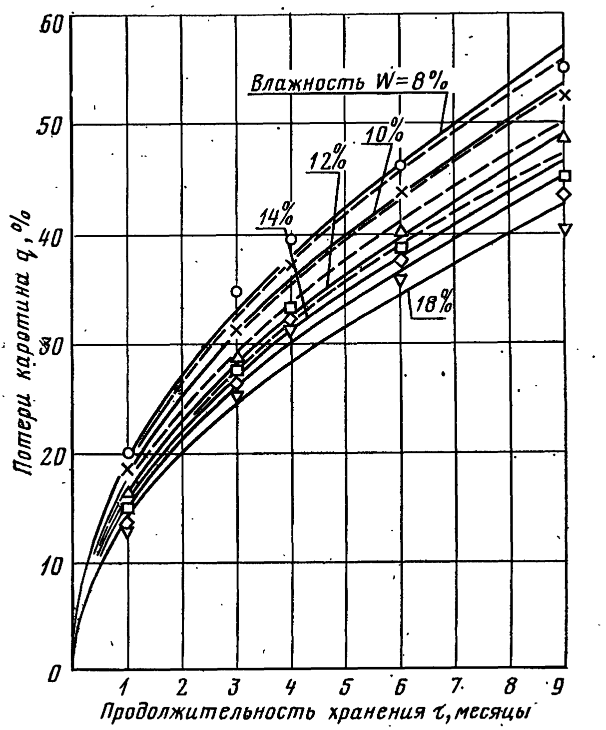

Рис. 20. Потери каротина в негранулированной травяной муке различной влажности в процессе хранения при температуре 5 °С.

5 °С и 10 °С — в политермостатах и при температуре 20 °С — в затемненном помещении.

Результаты исследований гранулированной травяной муки (рис. 21) показывают, что при понижении температуры интенсивность процессов в травяной муке замедляется.

Несмотря на то, что с понижением температуры потери каротина уменьшаются, они даже при значительной отрицательной температуре при свободном доступе воздуха остаются довольно большими.

Аналогичные исследования проводились при хранении негранулированной травяной муки. Из рисунка 22 видно, что потери каротина в негранулированной травя-

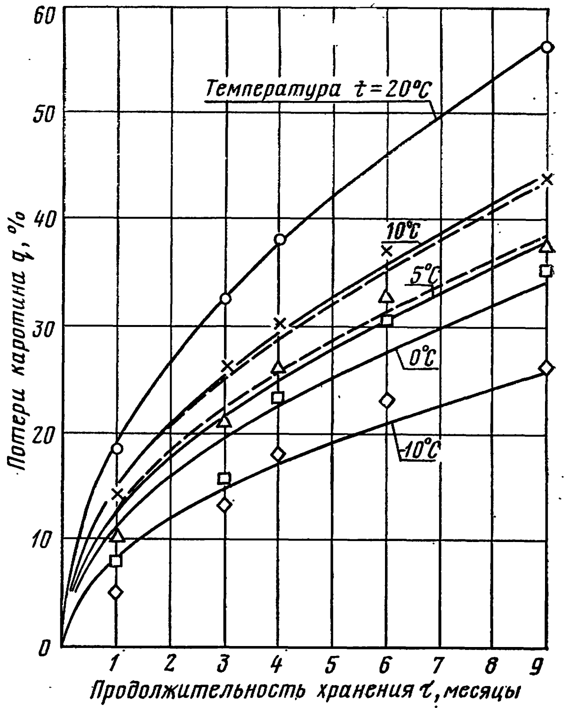

Рис. 21. Потери каротина в гранулированной травяной муке при различных температурах хранения (влажность муки W = 12 %).

ной муке влажностью 12 % уменьшаются с понижением температуры.

Из сопоставления потерь каротина в гранулированной и негранулированной травяной муке видно, что при всех исследованных температурах окислительный процесс в негранулированной травяной муке идет более интенсивно, что можно объяснить большей поверхностью частичек негранулированной муки, контактирующей с окружающим воздухом.

Хотя многие авторы, проводившие исследования при одинаковых или близких температурах и получили различные величины потерь каротина, но все они сходятся на одном принципиальном положении, что с повышением температуры потери каротина при хранении травяной муки увеличиваются.

Влияние различных сочетаний температуры и влажности на содержание каротина. Характер и интенсивность процессов, протекающих в насыпях травяной муки при хранении, в основном определяются совместным действием влажности и температуры. При соответствующих сочетаниях этих факторов можно существенным образом повлиять на сохранность каротина при хранении травяной муки.

Исследованиями, проводимыми на кафедре хранения зерна и продуктов его переработки ВЗИПП с гранулированной травяной мукой естественных сенокосов, упа-

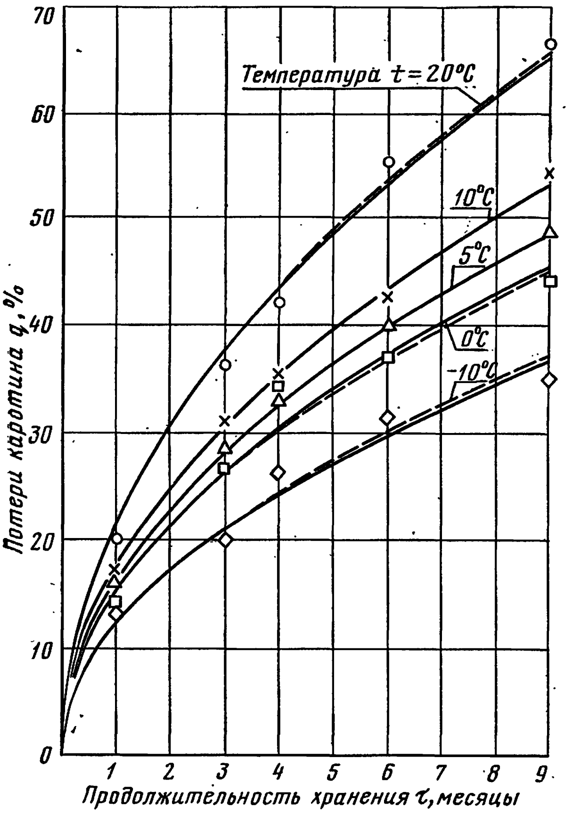

Рис. 22. Потери каротина в негранулированной травяной муке при различных температурах хранения (влажность муки $W = 12$ %).

кованной в холщовые мешки, получены следующие данные (табл. 15).

Таблица 15. **Влияние различных сочетаний влажности и температуры на потери каротина в гарнулированной травяной** муке **при хранении** *(исходное содержание каротина 185 мг/кг)*

Влажность, %	Продолжительность хранения, мес.				
	1	3	4	6	9
	Потери каротина, %				
Температура 20 °С					
8	25,0	35,0	43,5	53,0	62,0
10	22,0	33,2	40,0	77,0	58,5
12	18,5	32,5	38,0	47,0	56,0
14	15,3	27,5	32,0	40,0	52,0
Температура 10 °С					
8	17,3	28,0	31,5	40,0	47,0
10	16,0	27,0	30,5	38,0	45,5
12	14,2	26,3	30,0	36,0	43,5
14	13,0	24,5	29,0	34,5	39,5
16	12,3	24,5	28,2	32,0	38,0
18	12,0	23,0	27,0	30,0	36,7
Температура 5 °С					
8	15,0	25,0	29,5	36,0	43,0
10	13,5	23,5	27,5	34,5	40,5
12	12,0	21,0	26,0	32,5	37,5
14	10,5	20,0	24,5	31,0	36,5
Температура 0 °С					
8	11,5	21,0	27,0	33,1	39,5
10	10,0	19,0	25,5	32,0	37,5
12	7,8	15,5	23,4	30,5	35,0
14	7,3	15,0	22,2	28,4	34,5
16	6,3	12,3	20,3	27,0	32,0
18	6,0	11,5	18,0	24,8	31,1
Температура —10 °С					
8	9,0	17,0	21,0	26,0	30,5
10	8,0	15,0	19,5	25,0	28,5
12	5,4	13,3	17,9	23,1	26,0
14	5,0	12,5	17,0	21,5	23,5
16	4,4	12,0	16,0	19,8	21,0
18	4,0	11,0	14,5	17,0	20,0

Из анализа данных таблицы 15 следует, что при понижении температуры и повышении влажности потери каротина в процессе хранения гранулированной травяной муки становятся меньше. Наоборот, при повышении температуры и снижении влажности потери каротина

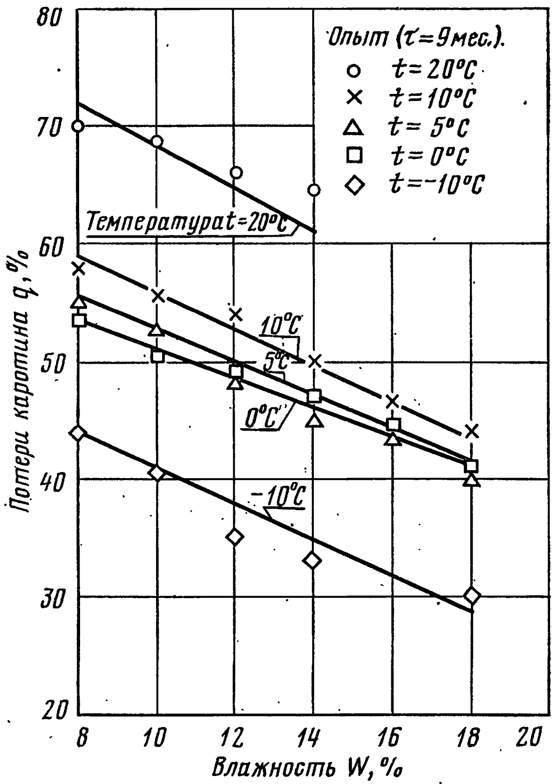

Рис. 23. Влияние различных сочетаний влажности и температуры на потери каротина в негранулированной травяной муке при хранении в течение девяти месяцев.

возрастают. Так, например, после девяти месяцев хранения при температуре —10 °С потери каротина в травяной муке влажностью 18 % составили 20 %. Травяная мука влажностью 8 %, хранившаяся в течение такого же срока при температуре 20 °С, потеряла 62 % каротина.

В процессе хранения негранулированной травяной муки при различных сочетаниях температуры и влажности (рис. 23) наблюдается такая же закономерность в изменении потерь каротина. Однако потери каротина в негранулированной травяной муке больше. По истече-

нии девяти месяцев при влажности 18 % и температуре —10 °C потери каротина составили 30,2 %, т. е. возросли примерно на 10 % по сравнению с потерями в гранулированной муке. Негранулированная травяная мука влажностью 8 % при температуре 20 °C потеряла 70 % каротина, что на 8 % больше, чем у гранулированной травяной муки.

Отсутствие данных по потерям каротина при температуре 20 °C и влажности, превышающей 14 %, объясняется тем, что при указанных гидротермических условиях травяная мука довольно быстро плесневеет и хранение ее становится нецелесообразным. Так, например, при влажности 18 % и температуре 20 °C мука начала плесневеть после десяти дней хранения.

Изменение численности и состава микрофлоры под влиянием гидротермических условий. Травяная мука, будучи богатой питательными веществами, при достаточной влажности и соответствующей температуре — хороший питательный субстрат для микроорганизмов.

Развитие микрофлоры может привести к снижению качества травяной муки вплоть до непригодности ее для употребления. В литературе имеются сообщения, что не исключена возможность распада каротина травяной муки под действием специфических видов микроорганизмов.

Было проведено исследование численности группового состава микрофлоры гранулированной и негранулированной травяной муки в зависимости от влажности, температуры и продолжительности хранения (М. Г. Голик, Е. И. Кострова).

Общее число микроорганизмов (бактерий и грибов) в негранулированной травяной муке в исходных образцах значительно превышало число микроорганизмов в гранулированной травяной муке. Авторы это объясняют тем, что травяная мука в процессе гранулирования обрабатывается паром с температурой около 80 °C, что приводит к отмиранию основной массы неспорообразующих бактерий и грибов.

При хранении негранулированной травяной муки с разной влажностью при температуре 20 °C (табл. 16) в лабораторных условиях по истечении четырех месяцев хранения наблюдалось постепенное снижение числа бактерий и грибов на образцах влажностью 8, 10, 12 %.

Таблица 16. **Изменение микрофлоры травяной муки в процессе хранения при различных сочетаниях температуры и влажности**

Влажность травяной муки, %	Количество микроорганизмов, тыс. на 1 г, при продолжительности хранения, мес.					
	1	3	4	1	3	4
	бактерии			грибы		
При температуре t 20 °С						
Негранулированная мука						
8	6,0	6,6	—	5,0	2,0	—
10	10,0	10,0	3,0	6,6	2,8	1,6
12	20,0	10,0	6,0	14,0	5,0	3,0
14	36,0	40,0	66,0	25,0	28,0	48,0
Гранулированная мука						
8	2,0	8,0	8,3	—	—	—
10	3,6	5,0	10,0	1,7	2,3	—
12	4,0	12,0	—	3,0	5,0	—
14	50,0	80,0	—	8,0	12,0	—
При температуре t 0 °С						
Негранулированная мука						
10	8,0	5,0	—	3,3	0,33	—
12	12,0	8,0	5,0	11,7	4,0	3,6
14	17,0	26,0	24,0	16,0	18,0	39,0
Гранулированная мука						
10	5,3	1,0	—	1,2	—	1,0
12	5,0	4,0	13,0	—	—	1,0
14	36,0	—	—	—	—	—

При этом микрофлора негранулированной травяной муки была более обильной, чем гранулированной. На образцах негранулированной травяной муки влажностью 14 % к концу четырехмесячного хранения число бактерий по сравнению с исходным увеличилось в среднем в 3 раза, грибов — в 2 раза.

При хранении гранулированной муки влажностью 14 % число микроорганизмов еще более заметно возросло. Но видимой порчи продукта не отмечалось. Гранулированная травяная мука с более высокой влажностью (15 %) в термостате при температуре 25...28 °С заплесневела в течение недели.

В таблице 16 приведены данные, полученные в процессе хранения гранулированной и негранулированной

травяной муки с различной влажностью при температуре 0 °С. Из них можно сделать вывод, что в образцах влажностью 10 и 12 % общее число микроорганизмов постепенно снижалось и только в образцах гранулированной травяной муки влажностью 14 % к концу шестимесячного периода хранения наблюдалось заметное развитие бактерий, в основном типа *Pseudomonas* и грибов *Pinicillium* и *Mucor*.

Влияние вида упаковки на потери каротина в травяной муке. Поскольку потери каротина при хранении травяной муки происходят в основном в результате окисления его кислородом окружающего воздуха, то с уменьшением воздухообмена травяной муки с окружающей средой потери каротина в процессе хранения будут уменьшаться.

М. Г. Голик, И. П. Александрова исследовали влияние вида упаковки на потери каротина при хранении негранулированной травяной муки влажностью 10,8 %. Результаты исследований представлены в таблице 17.

Таблица 17. **Влияние вида упаковки на потери каротина при хранении негранулированной травяной муки**

Упаковка	Потери каротина, %			
	Период хранения, мес.			
	1	3	4	6
Неупакованная	21,5	45,0	52,0	54,5
Холщовые мешки	20,0	43,5	49,0	52,0
Крафт-мешки	18,5	33,5	38,0	39,5
Полиэтиленовые мешки	16,3	31,5	36,4	36,9

При сопоставлении размеров потерь каротина в травяной муке, хранившейся в крафт- и полиэтиленовых мешках, видно, что результаты опыта в обоих случаях близки друг к другу: по истечении шести месяцев хранения потери каротина в крафт-мешках лишь на 2,6 % были выше потерь при хранении травяной муки в полиэтиленовых мешках.

Обобщая результаты проведенных исследований, можно сделать вывод о том, что хранение травяной муки в непроницаемой или слабопроницаемой для воздуха упаковке дает возможность снизить потери каротина.

ПРИМЕНЕНИЕ АНТИОКИСЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СОХРАННОСТИ ТРАВЯНОЙ МУКИ

Одна из проблем обеспечения сохранности питательных достоинств комбикормов — изыскание ингибиторов окисления, стабилизирующих активные компоненты комбикормов, к которым, например, относятся каротиноиды и жиры. Известно, что в вегетирующих растениях витамины и жиры от окисления предохраняются природными антиокислителями — токоферолами, оксифлавонами, производными галловой кислоты. Из люцерны, например, выделено 12 природных стабилизаторов из группы флавонов. Однако в процессе сушки растений эти вещества разрушаются, в результате чего окислительный распад витаминов и жиров ускоряется. В связи с этим для более полного сохранения химически активных компонентов возникает необходимость во введении в комбикорма дополнительного количества природных и синтетических антиокислителей.

При испытании различных антиоксидантов некоторые ученые пришли к выводу, что из всех испытанных препаратов наилучшее стабилизирующее действие на каротин травяной муки оказывает сантохин.

Сантохин представляет собой слегка маслянистую прозрачную жидкость со специфическим запахом. Сантохин хорошо растворяется в таких органических растворителях, как этиловый и изопропиловый спирт, растительные масла. В воде сантохин нерастворим, поэтому при стабилизации травяной муки его вводят либо в виде спиртового раствора, либо в виде водной эмульсии.

Характерная особенность сантохина — та, что его стабилизирующее действие хорошо проявляется даже при очень малых концентрациях. Однако действует он лишь определенное время, пока сам не окислится.

В результате многочисленных исследований было установлено, что наиболее эффективна концентрация сантохина 0,02 %.

Сложность применения сантохина заключается в том, что его необходимо вносить в травяную муку в очень малых количествах, обеспечивая равномерное смешивание с мукой. Приготавливать спиртовые растворы неэкономично, водные эмульсии не дают равномерного смешивания. Поэтому в последнее время стали уделять внимание поискам носителей сантохина.

В качестве носителей сантохина применяют растительные масла, животные жиры, отходы маслозаводов, сахарной промышленности, т. е. вещества, содержащие естественные антиокислители, в первую очередь токоферолы. М. Г. Голик, И. П. Александрова проверяли стабилизирующие свойства таких носителей, как соевые фосфатиды, технический животный жир и подсолнечное масло. Результаты исследований представлены в таблице 18.

Таблица 18. **Влияние концентраций сантохина и его носителей на потери каротина в негранулированной травяной муке**

Продолжительность хранения, мес.	Без сантохина (контроль)	Количество сантохина, %	
		0,015	0,020
	Потери каротина, %	Потери каротина, %	
Носитель — вода			
1	17,7	9,4	8,3
3	35,0	21,2	20,0
6	41,6	33,0	31,4
Носитель — соевые фосфатиды (4%)			
1	17,7	10,8	9,8
3	35,0	18,5	17,9
6	41,6	22,8	20,6
Носитель — технический животный жир (4%)			
1	17,7	7,0	5,8
3	35,0	22,6	21,5
6	41,6	26,8	25,8
Носитель — подсолнечное масло			
1	17,7	4,1	3,1
3	35,0	29,1	25,9
6	41,6	36,5	34,1

Различное влияние носителей на стабилизирующее действие сантохина можно объяснить разницей их химического состава. Соевые фосфатиды содержат большое количество токоферолов (витамин E), которые, как известно, предохраняют от окисления многие соединения, в том числе и каротин. Животный жир усиливает влияние антиокислителя и проявляет самостоятельное каротиностабилизирующее действие. Из всех рассмотренных органических носителей сантохина подсолнечное масло оказало самое слабое влияние на сохранность каротина. Это можно объяснить тем, что в подсолнечном масле много ненасыщенных жирных кислот, особенно

линолевой и олеиновой, которые, сами окисляясь до перекисей, окисляют и каротин.

М. Патласов проводил исследования с травяной мукой стабилизированной водной эмульсией сантохина, раствором сантохина в соляровом масле и просто соляровым маслом. Результаты исследований представлены в таблице 19.

Таблица 19. **Сохранность каротина в травяной муке при стабилизации ее различными способами**

Способ обработки	Сохранность каротина в травяной муке после 1 года хранения, %					
	озимая рожь	клевер	горохо-овес	овес	ежа сборная	люцерна
Контроль	57	49	40	48	35	38
Вода + 0,02% сантохина	60	71	48	54	50	63
Соляровое масло + + 0,02% сантохина	69	83	54	60	68	70
Соляровое масло	58	59	42	48	42	47

Наибольшая сохранность каротина была в травяной муке, стабилизированной сантохином в соляровом масле.

Во ВНИИкормов была определена эффективность обработки травяной муки водным раствором сантохина и эмульгатором ВНИИЖ-1. Метод обработки заключается в следующем: сантохин и эмульгатор ВНИИЖ-1, применяемый в маргариновой промышленности, смешиваются в соотношении 1 : 1 (200 г сантохина и 200 г эмульгатора), затем данную смесь растворяют в воде (25 л на 1 т муки). Получается стойкая эмульсия, которой обрабатывают травяную муку в процессе сушки.

Западное отделение УкрНИИ механизации и электрификации сельского хозяйства совместно с УкрНИИфизиологии и биохимии сельскохозяйственных животных разработало специальную установку для внесения в травяную муку масляных растворов сантохина во время гранулирования.

Так как общепризнанный и эффективный стабилизатор каротина в комбикорме—сантохин—дефицитен, были проведены работы по замене его более доступным антиокислителем—дилудином. Это кристаллическое ве-

щество желтого цвета с температурой плавления 171... 187 °С, хорошо хранится без специальной упаковки, дешевле сантохина. К недостаткам можно отнести то, что он не растворяется в воде, малорастворим в спиртах, но вместе с добавками-эмульгаторами обеспечивает получение довольно устойчивой эмульсии. В настоящее время Рижский химико-фармацевтический завод № 3 выпускает дилудин двух товарных видов — дилудин С и паста дилудина Э.

Применение синтетических окислителей для стабилизации исходного качества травяной муки обеспечивает содержание каротина 85,2...89,8 % при хранении в течение четырех месяцев и 77,2...80,0 % в течение последующих двух месяцев, в то время как в нестабилизированной травяной муке в течение четырех месяцев каротина сохраняется 65,8...89,5 %, а в последующие два месяца хранения — 48,9...67,8 %.

Результаты опытов по стабилизации люцерновой муки растворами солей сантохина показали, что они хорошо стабилизируют травяную муку. Изучение этого вопроса продолжается.

ПРИМЕНЕНИЕ РГС ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ТРАВЯНОЙ МУКИ

РГС в настоящее время используют при хранении плодов и других видов сочного растительного сырья (см. главу 2). Возник вопрос о целесообразности хранения травяной муки в среде, обедненной кислородом, или в вакууме для сохранения исходных достоинств муки.

O. H. Wilder и R. M. Bethke провели опыты по хранению травяной муки при температуре 37 °С в среде азота и в вакууме. При этом выявлены незначительные потери каротина или полное их отсутствие.

E. I. Hoffman и F. G. Lum отмечают, что при хранении травяной муки в РГС, содержащей 5,3 % кислорода, потери каротина за 56 дней хранения составили 6,1 %, при содержании 3 % кислорода они снизились до 2,5 %. Авторы считают, что хранение травяной муки в вакууме экономически нецелесообразно из-за трудности создания и эксплуатации герметических силосов.

Были проведены исследования, в которых травяная мука хранилась в РГС, состоящей из азота и кислорода

при различном их соотношении. Результаты этих опытов представлены в таблице 20.

Таблица 20. **Изменение содержания каротина в гранулированной травяной муке при различном соотношении азота и кислорода в РГС** (исходное содержание каротина 180 мг/кг)

Состав РГС	Содержание каротина через 6 месяцев	Потери каротина, %
Воздух (N_2 — 79%; O_2 — 21%)	116	35,6
N_2 — 85%; O_2 — 15%	117	35,0
N_2 — 90%; O_2 — 10%	120	33,4
N_2 — 95%; O_2 — 5%	133	26,0
N_2 — 97%; O_2 — 3%	153	15,0
N_2 — 99%; O_2 — 1%	160	11,0
N_2 — 100%; O_2 — 0%	169	6,0

Следовательно, при увеличении содержания кислорода в РГС интенсивность окисления каротина возрастает. При наличии 10 % кислорода окисление каротина идет почти так же интенсивно, как и при хранении в атмосфере обычного воздуха.

Хранение гранулированной травяной муки в РГС в металлических и железобетонных силосах. Для определения потерь каротина при хранении травяной муки в РГС провели опыты в производственных условиях. Для этого был использован генератор РГС конструкции ВНИИпромгаз (принцип работы генератора см. в гл. 2).

Для хранения гранулированной травяной муки был использован сварной металлический силос ∅ 8,5 м, высотой 7,5, вместимостью 425 м³. Он оборудован по поперечному сечению шнеками, прикрытыми коробами, под которые нагнеталась по газопроводам РГС.

Была предусмотрена возможность исследования изменения содержания каротина по высоте насыпи травяной муки в силосе. Поэтому контрольные образцы располагали в специально вмонтированной в силос перфорированной трубе на глубине 0,3; 1,8; 3,3; 4,8 м. Состав РГС в насыпи гранулированной травяной муки в различные периоды ее хранения представлен на рисунке 24.

Для поддержания заданного режима хранения (кислорода 0,4...0,6 %, углекислого газа 13,5...13,0 и азота 86...85,5 %) установка ГНС-30 до октября включалась ежедневно на 4...5 ч, а в дальнейшем один раз в 2...4 дня.

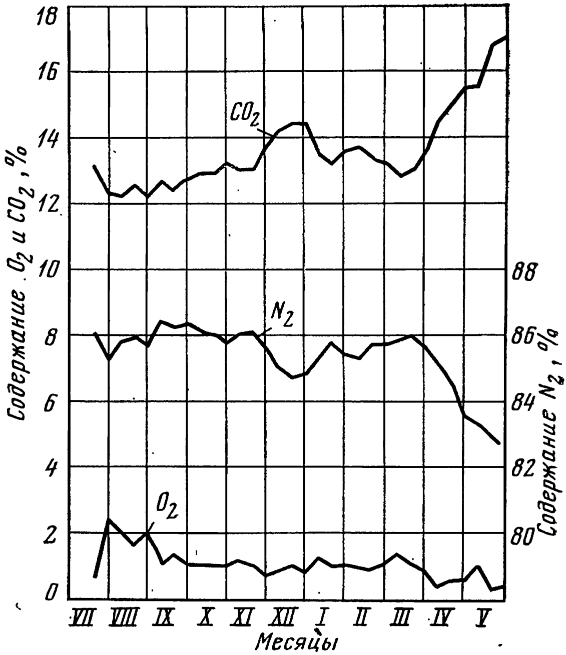

Рис. 24. Состав РГС в насыпи гранулированной травяной муки в различные периоды ее хранения в металлическом силосе.

Результаты определения содержания каротина в гранулированной травяной муке на различной высоте насыпи приведены в таблице 21.

Данные таблицы показывают, что содержание каротина в травяной муке за 330 дней хранения практически не изменилось, в контроле потери достигли 60 %. Незначительные колебания потерь каротина объясняются погрешностями анализов и неравномерным распределением каротина в гранулах травяной муки.

Влажность верхнего слоя насыпи несколько увеличилась, но порчи травяной муки не произошло, так как содержание кислорода в РГС было низким.

Кроме того, было исследовано влияние повышенного содержания кислорода (2...2,5 %) в РГС на потери каротина в гранулированной травяной муке в металличе-

Таблица 21. Потери каротина в гранулированной травяной муке при различной продолжительности хранения в РГС в металлическом силосе (исходное содержание каротина 286 мг/кг)

Глубина насыпи, м	40 дней		80 дней		120 дней		160 дней		220 дней		330 дней	
	влажность, %	потери, %	влажность, %	потери, %	влажность, %	потери, %	влажность, %	потери, %	влажность, %	потери, %	влажность, %	потери, %
0,3	12,0	0	18,0	0	18,7	1,5	18,4	0,7	16,2	0,3	16	0,3
1,8	10,8	0,3	10,8	0,3	11,3	1,8	10,0	0,3	10,0	0,3	10	0,3
3,3	10,6	0,3	10,0	0,7	10,4	1,0	9,2	0	10,0	2,0	10	2,0
4,8	10,6	1,0	10,2	1,8	10,1	2,1	9,6	0,7	9,6	0,7	10	0,7
Среднее		0,4		0,7		1,6		0,4		0,8		0,8

ском силосе. В течение всего периода хранения (270 суток) содержание кислорода в РГС колебалось от 1,3 до 3,7 % и в среднем составляло 2,1 %. Потери каротина в травяной муке составили 2,1 %.

М. Г. Голик, Г. С. Сухарева исследовали потери каротина при хранении травяной муки различных ботанических разновидностей в РГС с различным содержанием кислорода.

В силосе, содержащем в среднем 0,6 % кислорода, потери каротина в травяной муке всех исследованных разновидностей отсутствовали в течение всего периода хранения (270 суток); в силосе, содержащем в среднем 2,0 % кислорода, самые низкие потери за этот же период хранения отмечены в люцерновой муке — в среднем 1,6 %. В муке из несеяных луговых трав и из клевера они почти одинаковы — 4 и 5,4 %. Неодинаковые потери каротина в травяной муке различных ботанических разновидностей можно объяснить различным количеством и качеством естественных антиокислителей, находящихся в травяной муке.

В. Р. Лесницким (1977) был предложен оригинальный способ хранения травяной муки в силосах с использованием свежескошенной травы как поглотителя кислорода. В силос с травяной мукой сверху на специальные решетки кладут неизмельченную зеленую массу (5 % от массы травяной муки). Трава обеспечивает полное поглощение кислорода в течение первых суток.

Если силос герметичен, то бескислородная среда сохраняется в течение длительного периода (6...9 месяцев).

Из-за отсутствия специальных силосов многие колхозы и совхозы хранят травяную муку в бетонированных траншеях. И в этих условиях можно создать бескислородную среду, применяя зеленую массу. За шесть месяцев потери каротина в контроле составили 53 %, а при использовании описанного способа — 20 %.

Стабилизация каротина после хранения травяной муки в РГС. После открытия силосов с травяной мукой, хранящейся в РГС, распад каротина в ней происходит очень быстро. За 15 суток хранения травяной муки при температуре 18...20 °С потери каротина в среднем составляют 23,0...25,8 %, через 30 суток хранения — 40,8, через 60 суток хранения — 61 %.

Учитывая это и то, что до момента использования травяной муки на комбикормовых заводах возможно хранение ее в течение нескольких суток в условиях свободного доступа воздуха, были изучены в производственных условиях способы снижения потерь каротина после хранения травяной муки в РГС.

Была приготовлена травяная гранулированная мука из люцерны, клевера и несеяных луговых трав. В процессе приготовления травяной муки часть ее была обработана 0,02 %-ной водной эмульсией сантохина. Хранили стабилизированную и нестабилизированную травяную муку в силосах с РГС, содержащей не более 2,5 % кислорода. Затем травяную муку извлекли из силоса и хранили в условиях свободного доступа воздуха при температуре 18...20 °С. Содержание каротина в образцах определяли в момент извлечения травяной муки из РГС, а также после 15, 30 и 60 суток хранения в обычной атмосфере.

Анализ результатов исследований показал, что во всех опытах потери каротина в обработанной сантохином травяной муке были ниже, чем в необработанной; в зависимости от срока хранения снижение потерь каротина в травяной муке с применением сантохина составило 4,2...12,9 %.

Одновременно с исследованиями потерь каротина было проведено исследование потерь ксантофилла при хранении травяной муки. Ксантофилл — желтый пигмент, как и каротин, он известный представитель группы каротиноидов. Введение двух оксигрупп в моле-

кулу α-каротина приводит к образованию ксантофилла $C_{40}H_{56}O_2$. Ксантофилл наряду с каротином в больших количествах содержится в зеленых частях растений и в значительной мере обусловливает товарные качества продуктов животноводства. Яркий цвет куриного желтка, а также приятный бледно-розовый цвет тушек мяса птицы говорит о наличии значительного количества ксантофилла в корме.

Травяную муку различных ботанических разновидностей хранили в РГС, содержащей 0,6; 2,0 и 3,0 % кислорода (табл. 22). Результаты показывают, что для исследованных видов травяной муки потери ксантофилла возрастают с увеличением содержания кислорода в РГС. При этом потери ксантофилла выше, чем потери каротина.

Таблица 22. **Влияние содержания кислорода в РГС на потери ксантофилла при хранении травяной муки**

Содержание ксантофилла								
Содержание кислорода в РГС, %								
0,6			2			3		
исходное, мг/кг	потери через 120 суток хранения, %	потери через 240 суток хранения, %	исходное, мг/кг	потери через 60 суток хранения, %	потери через 270 суток хранения, %	исходное, мг/кг	потери через 120 суток хранения, %	потери через 210 суток хранения, %
Мука из несеяных луговых трав								
207,5	2,6	4,0	126,6	2,8	8,3	147,7	9,4	12,2
Мука из клевера								
—	—	—	105,7	3,0	7,9	189,5	8,9	11,5
Мука из люцерны								
188,0	2,9	3,8	92,0	1,7	4,7	166,3	10,3	14,1
Среднее	2,8	3,9		2,5	7,0		9,5	12,6

Потери ксантофилла за 270 суток хранения травяной муки при свободном доступе воздуха составили 56,5... 62,5 %.

Таким образом, потери ксантофилла при хранении травяной муки в РГС значительно ниже, чем при хранении в условиях свободного доступа воздуха. Так, при

содержании кислорода в РГС 2 % они в 8...9 раз ниже, чем при свободном доступе воздуха за 270 суток хранения травяной муки в крафт-мешках.

Влияние влажности травяной муки на потери каротина и ксантофилла при ее хранении в РГС. Сохранность травяной муки при хранении принято определять прежде всего сохранностью в ней каротина.

Во ВЗИПП были проведены исследования по сохранности травяной муки при хранении ее с различной влажностью.

Разные величины влажности были приняты в связи с тем, что травяная мука обычно поступает на комбикормовые заводы влажностью 8...12 %, а иногда и 14... 16 %.

Негранулированную и гранулированную травяную муку хранили в течение 210 суток при естественно складывающихся температурных условиях, поддерживая следующий состав РГС: 1 % кислорода, 13 % углекислого газа и 86 % азота. Данные о потерях каротина в травяной муке с различной влажностью представлены в таблице 23.

Анализ данных таблицы 23 показывает, что с увеличением влажности травяной муки потери каротина в исследованных видах травяной муки при хранении ее в РГС несколько увеличиваются, особенно при влажности 15...16 %. При такой влажности начинается микробиологическое разрушение каротина либо появляются оптимальные условия для внутриклеточных процессов, которые, в свою очередь, приводят к окислению каротина. В гранулированной травяной муке потерь каротина нет при влажности не более 14 %. Кроме того, в гранулированной травяной муке при хранении ее в условиях доступа воздуха потери каротина ниже, чем в негранулированной.

В таблице 24 даны результаты исследований влияния влажности на потери ксантофилла при хранении травяной муки в РГС. Они показывают, что потери ксантофилла с увеличением влажности травяной муки увеличиваются. В гранулированной травяной муке из несеяных луговых трав потери ксантофилла ниже, чем в негранулированной, при всех исследованных значениях влажности.

Из предыдущих исследований видно, что при хранении травяной муки в металлических силосах в РГС по-

Таблица 23. Влияние влажности травяной муки на потери каротина при ее хранении в РГС

Влажность травяной муки, %	Содержание каротина, мг/кг		Потери каротина, %
	исходное	после 210 суток хранения	
Негранулированная мука			
Из несеяных луговых трав			
9,6	170	170	0
12,8	175	173	1,1
14,8	164	168	3,7
Из клевера			
9,4	181	179	1,1
11,4	199	196	1,5
15,8	181	173	4,4
Из люцерны			
8,8	228	228	0
10,6	208	207	0,5
16,0	187	182	2,7
Гранулированная мука			
Из несеяных луговых трав			
11,6	171	171	0
12,3	161	161	0
13,6	187	187	0
Из люцерны			
11,0	194	194	0
12,6	195	195	0
14,0	192	192	0

Таблица 24. Влияние влажности травяной муки на потери ксантофилла при ее хранении в РГС

Влажность травяной муки, %	Содержание ксантофилла, мг/кг		Потери ксантофилла, %
	исходное	после 210 суток хранения	
Негранулированная мука			
Из несеяных луговых трав			
9,6	59,9	58,1	3,0
12,8	65,0	59,1	9,1
14,8	75,6	67,2	11,1
Из клевера			
9,4	52,2	50,7	2,8
11,4	74,1	69,3	6,5
15,8	59,2	54,5	8,0

Продолжение

Влажность травяной муки, %	Содержание ксантофилла, мг/кг		Потери ксантофилла, %
	исходное	после 210 суток хранения	
	Из люцерны		
8,8	92,0	91,4	0,6
10,6	78,9	77,1	2,3
16,0	76,2	73,6	3,4
	Гранулированная мука		
	Из несеяных луговых трав		
11,6	77,7	77,6	0
12,3	73,0	72,8	0,3
13,6	81,0	77,4	4,5
	Из люцерны		
11,0	109,8	107,6	1,2
12,6	115,0	111,5	3,0
14,0	120,2	115,0	4,2

тери каротина и ксантофилла малы и во много раз ниже, чем при обычном хранении с доступом воздуха.

Исследования, проведенные М. Г. Голиком и Г. С. Сухаревой, подтверждают стабилизирующее действие РГС на каротиноиды травяной муки при хранении.

Важно было выяснить возможность использования для хранения травяной муки в РГС железобетонных силосов, которые в нашей стране имеются на всех предприятиях. Поэтому на Таурагском хлебоприемном предприятии Литовской ССР в одном из железобетонных силосов элеватора, внутренняя поверхность которого обработана эпоксидной смолой, была заложена на хранение гранулированная мука из несеяных луговых трав. Травяную муку хранили в течение 210 суток. Содержание кислорода в РГС за весь период хранения в среднем было 4,9 %. Потери каротина составили 11,6 %.

Такую большую по сравнению с металлическими силосами величину потерь каротина можно объяснить только недостаточной герметичностью железобетонного силоса и как следствие этого повышенным содержанием кислорода в РГС.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРАВЯНОЙ МУКИ

В СССР вся производимая травяная мука в соответствии со стандартом подразделяется по качеству на пять классов (табл. 25).

Как видно из таблицы 25, содержание каротина, протеина, клетчатки дифференцируется для каждого класса, причем I, II и III классы должны содержать соответственно не менее 230, 180 и 150 мг в 1 кг каротина, 20, 16 и 15 % протеина и 22, 24, 27 % клетчатки.

Таблица 25. **Мука травяная** (ГОСТ 18691—73)

Наименование показателей	Характеристика и нормы для классов				
	I	II	III	IV	V
Внешний вид	Однородная без посторонних включений и плесени масса				
Цвет	Темно-зеленый		Зеленый		
Запах	Специфический, свойственный травяной муке, не затхлый, без постороннего запаха				
Содержание каротина, мг в 1 кг муки, не менее	230	180	150	120	80
Содержание сырого протеина, %, не менее	20	16	15	14	12
Содержание клетчатки, %, не более	22	24	27	30	35
Содержание влаги, %:					
в рассыпной муке	8...12	8...12	8...12	8...12	8...12
в гранулах	8...13	8...13	8...13	8...13	8...13
Крупность помола (остаток на сите с отверстием ∅3 мм), %, не более	10	10	10	10	10
Диаметр гранул, мм	10...14	10...14	10...14	10...14	10...14
Длина гранул, мм	15...25	15...25	15...25	15...25	15...25
Прочность гранул, %, не менее	95	90	90	85	80
Металломагнитные примеси с неострыми краями размером до 2 мм в 1 кг муки, мг, не более	30	30	30	30	30
Металломагнитные примеси с острыми краями размером более 2 мм	Не допускается				
Содержание песка, %, не более	1	1	1	1	1

Большое значение имеет прочность гранул. Неоднократное транспортирование в соответствии с технологической схемой вызывает дробление гранул и образование мучнистых частиц и крошки, что, в свою очередь, способствует возникновению в силосах трудноразрушаемых сводов, препятствует равномерному распределению РГС в насыпи муки и нарушает режим хранения.

Перечисленные показатели качества травяной муки определяют по следующим стандартам:

содержание влаги по ГОСТ 13496.3—70; содержание металломагнитных примесей по ГОСТ 13496.9—73 и песка по ГОСТ 13496.14—75; содержание сырого протеина по ГОСТ 13496.4—74; содержание сырой клетчатки по ГОСТ 13496.2—75; содержание каротина определяют по методу И. К. Мурри, основанному на способности каротина экстрагироваться бензином с дальнейшим фотоэлектроколориметрированием.

КОНТРОЛЬ ЗА КАЧЕСТВОМ ТРАВЯНОЙ МУКИ ПРИ ХРАНЕНИИ

Хранение травяной муки в складе. При хранении травяной муки устанавливают контроль за ее качеством, при этом определяют следующие показатели: температуру, влажность и запах травяной муки, наличие плесневелости, температуру воздуха в складе, относительную влажность воздуха.

Температуру травяной муки в мешках определяют термометрами, заключенными в металлическую оправу в верхнем, среднем и нижнем рядах штабелей. Температура травяной муки при хранении не должна превышать температуру окружающего воздуха более чем на 5...8 °С. Температуру травяной муки при хранении измеряют летом, весной и осенью не реже двух раз в месяц; зимой не реже одного раза в месяц. Для определения влажности, содержания каротина, протеина отбирают образцы из каждой партии травяной муки не реже одного раза в месяц.

Для определения температуры и относительной влажности воздуха в складе устанавливают термографы и психрометры.

ХРАНЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОЙ ТРАВЯНОЙ МУКИ РГС В ЭЛЕВАТОРАХ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ СИЛОСАМИ

Требования, предъявляемые к силосам. Загруженные силосы должны обладать такой степенью герметичности, при которой избыточное давление в силосе в 250 Па снижается до 100 Па не меньше чем за 10 мин.

Внешнюю поверхность силоса окрашивают краской серебристого цвета, снижающей степень нагрева от солнечных лучей стен силоса и прилегающих к ним слоев насыпи травяной муки.

Силос должен быть оборудован: ремонтными лазами вверху и внизу силоса, предохранительно-сбросными клапанами в верхней части силоса, кранами для отбора проб РГС.

Размещение травяной муки на хранение. На хранение в РГС следует закладывать травяную муку влажностью 10...13 %.

При приемке травяной муки для хранения в РГС по каждой ее партии лаборатория определяет влажность, содержание каротина, протеина, клетчатки и наличие крошки.

Гранулы травяной муки I и II классов закладывают на долгосрочное хранение (8...9 месяцев), III класса — на краткосрочное (до 3 месяцев), травяную муку IV и V классов и отсеянную крошку не закладывают на хранение, а используют при текущей выработке комбикормов.

Загрузка и хранение травяной муки в силосе. Загружать силосы гранулированной травяной мукой следует полностью, чтобы не оставалось значительных воздушных пространств над насыпью муки.

В силос из генератора следует подавать РГС с содержанием не более 0,5 % кислорода до тех пор, пока в нем не установится РГС, содержащая не более 1 % кислорода. Момент окончания подачи РГС определяют по результатам анализа ее состава с помощью газоанализатора ГХП-3.

Необходимо ежедневно проверять содержание кислорода и углекислого газа в верхней части насыпи. Нормальным считается, когда РГС, заполняющая межгранульные пространства, содержит 86...87 % азота, 12...13 % углекислого газа и до 1,5 % кислорода.

При повышении содержания кислорода в РГС в насыпи до 2 % включают генератор и подают новые партии РГС до тех пор, пока не снизят содержание кислорода до 1 %.

Наблюдение за насыпью травяной муки в процессе хранения. В процесе хранения определяют содержание каротина и влажность в муке один раз в два месяца.

Содержание каротина определяют в образцах муки массой 2 кг, составляемых из проб, отбираемых щупом в трех точках на глубине 2 м от поверхности насыпи в каждом силосе.

Выгрузка травяной муки из силосов элеватора. Выгружают травяную муку через разгрузочную самотечную трубу только после того, как загрузочный люк открыт.

При разгрузке силоса из сыпи гранул каждые 2 ч отбирают пробы по 300...400 г, которые подвергают анализу по влажности и на содержание каротина с последующим выведением среднего показателя по силосу.

После опорожнения силоса от травяной муки и до загрузки новой партии силосы необходимо очистить от остатков муки, органической и минеральной пыли.

Оборудование, транспортирующее гранулы травяной муки, должно аспирироваться.

Техника безопасности. Большое количество углекислого газа в РГС представляет опасность для человека. Длительное пребывание людей в помещении допускается при содержании углекислого газа в воздухе не более 0,1 %, периодическое — 0,125 %, а кратковременное — 0,2 %.

Доступ в силосы, загруженные гранулами травяной муки и заполненные РГС, категорически запрещается.

Все работы внутри силоса можно производить после выпуска из него всех гранул травяной муки и только после того, как анализ состава воздуха, выполняемый лаборантом с помощью газоанализатора ГХП-3, на всех глубинах силоса будет показывать не менее 20,6 % кислорода. Для отбора проб воздуха из силоса используют резиновый шланг ∅ 5...6 мм.

РГС может задерживаться в приямках, заглублениях первого этажа силосного корпуса. Доступ в такого рода приямки обслуживающего персонала элеватора для проведения каких бы то ни было работ до их проветривания и доведения воздуха до нормального состава категорически запрещается.

Глава 4

ХРАНЕНИЕ КОМБИКОРМОВОГО СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ НА КАЧЕСТВО КОМБИКОРМОВОГО СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Основные виды комбикормового сырья животного происхождения (костная, мясная, мясо-костная мука и другие) относятся к особо ценным компонентам комбикормов. Это сырье богато полноценными белками, незаменимыми аминокислотами, жирами, многими жизненно важными витаминами, а также макро- и микроэлементами.

В то же время это сырье может быть питательной средой для микроорганизмов, насекомых, грызунов. Жизнедеятельность этих организмов в массе продукта ухудшает качество, приводит к потерям и иногда бывает причиной полной их порчи.

Комбикормовое сырье животного происхождения может быть загрязнено самыми разнообразными грибами. В них обнаруживают представителей рода *Aspergillus, Mucor, Penicillium,* среди которых встречаются и токсичные виды.

При санитарной оценке комбикормового сырья животного происхождения наибольшее значение приобретает бактериальная флора, среди которой первостепенное значение имеют бактерии родов *Sallmonella* и *Esherichia coli.* Процент зараженности кормов сальмонеллами в различных странах очень высокий.

Установлено, что виновниками заражения рыбной муки сальмонеллами служат чайки. Рыба заражается в прибрежных водах.

Не допускается содержание в кормовых продуктах грибов рода *Aspergillus,* так как в настоящее время доказано, что многие виды этих грибов обладают выраженными в разной степени токсическими свойствами.

Исследования, проведенные в различных странах на разных стадиях производства, показали, что заражению кормов способствует:

плохое разделение стерильной и зараженной зоны при размещении муки в складах, загрязненная одежда, инструмент, обувь и др.;

повторное заражение уже стерильной продукции.

Специфические процессы, связанные с окислением жиров и витаминов, протекающие в продукте, также снижают его кормовые свойства.

Масса и качество комбикормового сырья животного происхождения могут изменяться и в зависимости от его физического состояния. Эти изменения зависят как от природы самого продукта, так и от многих факторов внешней среды.

Хранение комбикормового сырья без потерь — обязательное условие получения доброкачественных комбикормов, обеспечивающих высокую биологическую и продуктивную отдачу при скармливании их сельскохозяйственным животным.

Если сырье, используемое для выработки комбикормов, содержит испорченный жир, большое количество перекисей, аммиака, имеет высокую обсемененность микроорганизмами, то питательная ценность его будет низкая, а продукты распада белковых веществ и жиров (аммиак, альдегиды, кетоны и др.) могут представлять опасность для здоровья животных, особенно молодых.

Условия хранения комбикормового сырья животного происхождения в значительной степени определяют его доброкачественность. В зависимости от этих условий химический состав и качество сырья могут изменяться в довольно широких пределах. На продукт при хранении оказывают влияние: влажность воздуха, колебания температуры и т. д.

Сырье животного происхождения доставляется на комбикормовые заводы в бумажных, льно-джуто-кенафных или джутовых мешках массой 30...50 кг и хранится в кирпичных, железобетонных или деревянных складах напольного типа при естественно складывающихся температурных условиях.

В этих условиях, особенно при продолжительном хранении сырья, возможны случаи неблагоприятного воздействия внешней среды, следствием чего будут изменение физических свойств, снижение качества, порча, большие количественные потери питательных веществ продукта.

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОДУКТОВ ПРИ ХРАНЕНИИ

Физические свойства комбикормового сырья животного происхождения имеют большое значение при хранении и транспортировании продукта.

Сыпучесть продукта влияет на перемещение его транспортными средствами, загрузку в склады и силосы, вагоны, суда, автомобили, а также на выгрузку из них. Хорошая сыпучесть облегчает проведение этих операций, а плохая затрудняет.

Объемная масса продукта характеризует плотность укладки сыпучей массы. Крупность помола рыбной, мясо-костной муки нормируется стандартами и определяется остатком на сите с ∅ отверстий 3 мм не более 5 %.

Физико-механические свойства комбикормового сырья животного происхождения в гранулированном

Таблица 26. **Изменение угла естественного откоса и объемной массы комбикормового сырья животного происхождения в зависимости от влажности (по В. Б. Карпавичюте и Г. Ф. Федоровой)**

Влажность, %	Угол естественного откоса, град	Объемная масса, кг/м³
	Рыбная мука	
	Нежирная	
8,4	39,4	587
10,2	40,5	586
12,3	42,0	569
13,8	43,4	567
15,8	45,1	558
	Жирная	
10,3	43,1	556
12,1	45,1	554
13,9	46,4	547
15,7	48,3	541
	Мясо-костная мука	
	Рассыпная	
7,5	39,2	593
10,2	41,3	588
13,9	44,4	572

виде отличаются от рассыпного, что наглядно представлено данными таблицы 26, 27.

Таблица 27. **Физико-механические свойства гранулированной рыбной и мясо-костной муки** (по А. Фроловой, Л. Ерофеевой, Г. Вайстиху)

Наименование продукта	Влажность, %	Объемная масса, кг/м³	Угол естественного откоса, град	Крошимость гранул, %
Рыбная мука	14	650...680	38	29
Мясо-костная мука	8	730...800	40	15

Из таблиц 26 и 27 видно, что гранулированная рыбная и мясо-костная мука имеют значительно бо́льшую объемную массу, чем рассыпная мука. Это очень важно при определении потребности вместимости складов. Однако гранулированная рыбная мука имеет очень высокие влажность и процент крошимости гранул. Это снижает технологические достоинства гранул и делает этот продукт нестойким в процессе хранения. Влажность гранулированного комбикормового сырья животного происхождения не должна быть выше 10...12 %, а крошимость гранул — 5 %.

Установлено, что сырая погода способствует повышению влажности рыбной муки в течение одного дня. Причем чем суше мука и чем больше в ней водорастворимых веществ, тем быстрее она увлажняется.

Равновесная влажность комбикормового сырья животного происхождения в зависимости от химического состава колеблется в довольно широких пределах (табл. 28).

Анализ этих данных показывает, что равновесная влажность рыбной и мясо-костной муки, так же как и других компонентов, зависит от их химического состава.

Наиболее резко влажность комбикормового сырья животного происхождения возрастает при контакте с воздухом, сильно или полностью насыщенным водяными парами.

Так, в условиях относительной влажности воздуха 80 % равновесная влажность рыбной муки находится на уровне 15,5...19 %, а мясо-костной — 9,6...11,4 %, а при 100 % она достигает 35,6...47,7 % в рыбной муке и 28,8...33,5 % в мясо-костной.

При низкой относительной влажности воздуха (от 20 до 50 %) жирная рыбная мука имеет несколько меньшую равновесную влажность, чем нежирная мука. При

Таблица 28. Равновесная влажность некоторых компонентов комбикормов

Вид продукта	Равновесная влажность, %*									
	Относительная влажность воздуха, %									
	исходная влажность	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Рыбная мука с содержанием жира:										
8,3%	8,6	5,5	6,7	7,4	8,3	9,9	12,8	15,5	22,7	35,6
17,9%	7,7	4,8	5,4	6,2	7,5	10,0	14,4	19,0	35,0	47,7
Мясо-костная мука с содержанием жира:										
12%	5,3	—	—	5,8	6,3	7,6	8,5	11,4	18,0	33,5
19,4%	4,3	—	—	4,8	4,9	6,6	7,0	9,6	17,1	28,8
Травяная мука (по И. П. Александровой)	—	6,5	6,8	7,3	8,6	10,6	15,5	19,3	29,7	54,3
Зерно пшеницы (по Л. А. Трисвятскому)	—	8,4	9,5	10,9	12,2	13,4	14,8	16,7	20,4	—

* Равновесная влажность определялась при температуре воздуха 20 °С.

относительной влажности воздуха 60 % равновесная влажность у обоих видов муки была почти одинакова, т. е. жирная рыбная мука сорбировала больше влаги, чем нежирная. При влажности воздуха 70 % и выше равновесная влажность жирной рыбной муки становится более высокой, чем нежирной, что указывает на значительно бóльшую гигроскопичность жирной муки.

Более высокую гигроскопичность жирной рыбной муки по сравнению с нежирной можно объяснить бóльшим содержанием в ней водорастворимого белка. Кроме того, жирная рыбная мука содержит значительно больше поваренной соли, которая необходима для консервирования сырья, используемого для ее приготовления. Как известно,

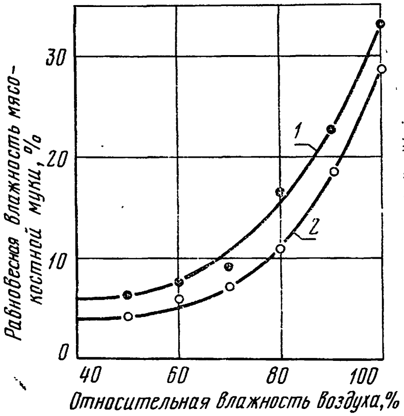

Рис. 25. Равновесная влажность мясо-костной муки при различной относительной влажности воздуха:

1 — содержание протеина — 42,1 %; жира — 12,1 %; 2 — содержание протеина — 35,0 %, жира — 19,4 %.

поваренная соль имеет очень высокую гигроскопичность. При относительной влажности воздуха 80...100 % у рыбной муки наблюдается резкое увеличение равновесной влажности. При увеличении относительной влажности от 80 до 100 % прирост равновесной влажности нежирной рыбной муки составляет 20,1 %, а жирной — 28,7 %.

По данным Г. Ф. Федоровой (1977), хранение мясокостной муки с исходной влажностью 4,9...5,3 % при относительной влажности воздуха 40...100 % сопровождалось сорбцией влаги (рис. 25). Отмечалось резкое повышение равновесной влажности муки при относительной влажности воздуха более 70 %. Причем в муке, содержащей больше протеина и меньше жира, этот процесс шел интенсивнее.

Сорбционная способность различных видов комбикормового сырья животного происхождения неодинакова, но наибольшая скорость сорбции у них наблюдается в первые 24 ч хранения.

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ ПРОДУКТОВ ПРИ ХРАНЕНИИ

Основные факторы, влияющие на стойкость продуктов при хранении, на интенсивность физиолого-биохимических процессов, протекающих в них, — влажность, температура и доступ кислорода воздуха к продукту. Стойкость продукта при хранении зависит от его химического состава. Чем больше воды, жира, витаминов, водорастворимых белков содержится в нем, тем он быстрее подвергается порче.

Ряд работ, посвященных изучению химического состава рыбной и мясо-костной муки при хранении этих продуктов в складах в естественных условиях, показывает, что за сравнительно короткие сроки (1...2 месяца) в них происходят существенные изменения, связанные с окислением жира, витаминов, разрушением белков и небелковых азотистых веществ.

Степень окисленности жира муки — один из важнейших факторов, определяющих ее качество.

Чем выше кислотное и перекисное числа жира, чем он более прогорклый, тем он менее пригоден для скармливания животным.

Мясо-костная мука, содержащая большое количество жира, быстро подвергается порче в результате распада и окисления жировой фракции. По данным исследователей ее нельзя хранить более двух месяцев, так как возможно токсическое действие на организм животных в связи с глубоким распадом жира.

Л. А. Гелашвили проводила хранение мясо-костной муки в производственных условиях в течение пяти месяцев в осенне-зимний и весенне-летний периоды. Автор отмечает снижение количества водорастворимого белка, сырого жира после трехмесячного хранения, причем жировая фракция претерпела значительные изменения. Кислотное число увеличилось на 21,3 %, перекисное — на 47 %, йодное число уменьшилось незначительно, снизилось содержание витамина B_2. Автор отмечает, что в весенне-летний период, несмотря на очень низкую влажность, изменение химического состава мясо-костной муки более значительно, чем в осенне-зимний период. Биологические опыты на кроликах показали, что после трехмесячного хранения образцы мясо-костной муки оказались слаботоксичными.

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТОЙКОСТЬ РЫБНОЙ МУКИ ПРИ ХРАНЕНИИ

Исследования влияния влажности и температуры на качество нежирной и жирной рыбной муки показали значительные изменения в химическом составе и качестве этих продуктов при хранении.

Комбикормовая промышленность получает нежирную (до 10 % жира) и жирную (до 22 % жира) рыбную муку.

Влияние влажности на изменение азотистых веществ рыбной муки при температуре 20 °С представлено в таблице 29.

Как видно из таблицы 29, при температуре 20 °С уже за 30 суток отмечается снижение количества сырого протеина и водорастворимого белка как в нежирной так и в жирной муке влажностью 8...12 %.

С увеличением срока хранения потери белковых веществ возрастают. Так, за 250 суток количество сырого протеина снижается при влажности 8...14 % на 3,6...5,4 %, а водорастворимого белка на 3,5...5,8 % соответственно влажности в нежирной муке. В жирной муке при той же влажности потери сырого протеина состав-

Таблица 29. **Влияние влажности на изменение азотистых веществ нежирной и жирной рыбной муки при температуре хранения 20 °С, на абсолютно сухое вещество** (по М. Г. Голик, Т. И. Фетисовой, Н. Я. Феста, В. Б. Карпавичюте)

Продолжительность хранения, сут.	Влажность, %	Нежирная			Жирная		
		сырой протеин, %	водорастворимый белок, %	аммиак, мг %	сырой протеин, %	водорастворимый белок, %	аммиак, мг %
Контроль	—	69,5	9,6	61,8	56,7	20,1	216,3
	8	68,5	8,7	64,6	55,4	18,1	223,8
30	12	67,8	8,3	65,9	54,9	16,8	229,5
	14	67,3	7,7	68,5	54,5	15,9	233,3
	8	67,7	8,6	65,6	54,9	15,6	231,6
60	12	67,4	7,9	70,7	54,1	14,1	239,8
	14	66,6	7,0	73,7	53,6	11,8	249,0
	8	67,3	7,8	69,7	54,5	11,7	229,7
120	12	66,9	7,0	78,9	53,7	10,5	237,9
	14	66,0	5,8	80,1	53,2	9,3	241,7
	8	65,9	6,1	77,5	52,7	9,8	249,4
250	12	65,6	5,3	85,0	51,2	8,6	262,7
	14	64,1	3,8	88,9	50,7	6,9	268,8

ляют 4...6 %, а водорастворимого белка — 10,3...13,2 %, в нежирной и жирной муке растет количество аммиака.

При снижении температуры до —5 °С (табл. 30) отмечается лучшая сохранность сырого протеина и водо-

Таблица 30. **Влияние влажности на изменение азотистых веществ рыбной муки при —5 °С, на абсолютно сухое вещество** (по М. Г. Голик, Т. И. Фетисовой, Н. Я. Феста, В. Б. Карпавичюте)

Продолжительность хранения, сут.	Влажность, %	Нежирная			Жирная		
		сырой протеин, %	водорастворимый белок, %	аммиак, мг %	сырой протеин, %	водорастворимый белок, %	аммиак, мг %
Контроль	—	69,5	9,6	61,8	56,7	20,1	216,3
	8	68,9	9,6	62,5	55,8	19,4	218,4
60	12	68,1	9,5	64,8	55,1	18,9	224,9
	14	67,5	9,4	67,1	54,6	18,2	227,8
	8	67,5	9,3	63,6	54,6	17,5	222,4
120	12	67,4	8,4	68,0	54,3	15,9	231,8
	14	66,8	8,0	70,9	53,8	14,9	234,2
	8	67,1	8,6	65,6	54,0	15,5	226,3
250	12	66,5	7,9	71,5	53,6	14,7	235,9
	14	66,1	7,4	75,1	53,1	14,2	240,2

растворимого белка, но и в этих условиях влажность оказывает существенное влияние на стойкость продуктов.

За 60 суток при влажности 8...12 % изменения в содержании азотистых веществ как в жирной, так и в нежирной муке незначительны. Но с повышением влажности до 14 % уже за 60 суток отмечаются потери сырого протеина в муке — 2 %. С увеличением срока хранения даже при влажности 8...12 % потери сырого протеина и особенно водорастворимого белка значительны. Так, за 250 суток содержание сырого протеина снижается на 3 % при влажности 12 %, а водорастворимого белка на 1,7 % от исходной величины в нежирной муке и на 5,4 % в жирной. С увеличением влажности до 14 % эти потери еще выше, в продукте отмечается повышение количества аммиака.

Наиболее значительным изменениям при хранении сырья животного происхождения подвергается жировая фракция. Окисление жира рыбной муки — одна из важнейших причин ухудшения ее качества.

Как видно из таблицы 31, при температуре 20 °С за 30 суток в нежирной муке влажностью 8...14 % отмечаются некоторые потери сырого жира и изменения его кислотного и перекисного чисел. С увеличением срока хранения окислительные и гидролитические процессы возрастают, причем чем выше влажность, тем они интенсивнее. При влажности 8...12 % за 60 суток в нежирной рыбной муке кислотное число жира увеличивается в 1,2...1,5, а перекисное — в 1,4...1,8 раза. За 250 суток хранения кислотное и перекисное числа возрастают в 2,7...3,2 и 3,3...4,4 раза соответственно влажности.

Количество жира при этом снижается на 30...40 % от исходной величины. При влажности 14 % потери сырого жира и ухудшение его качества за 60 суток значительны. Количество сырого жира снижается на 1,6 %, кислотное и перекисное числа увеличиваются в 1,7 и 1,9 раза соответственно.

При увеличении срока хранения до 250 суток потери сырого жира составили 47 %, кислотное и перекисное числа увеличились в 3,6 и 4,5 раза по сравнению с контролем. В жирной рыбной муке гидролитические и окислительные процессы протекают еще интенсивнее и количественно-качественные потери возрастают (см. табл. 31).

Таблица 31. **Влияние влажности на изменение количества и качества жира рыбной муки при 20 °С, на абсолютное сухое вещество (по М. Г. Голик, Т. И. Фетисовой, Н. Я. Феста, В. Б. Карпавичюте)**

Продолжительность, хранения, сут.	Влажность, %	Нежирная			Жирная		
		сырой жир, %	кислотное число, мг КОН	перекисное число, % I_2	сырой жир, %	кислотное число, мг КОН	перекисное число, % I_2
Контроль	—	8,3	5,23	0,22	17,9	5,9	0,31
	8	7,9	5,80	0,25	—	—	—
30	12	7,7	6,40	0,27	—	—	—
	14	7,3	6,90	0,28	—	—	—
	8	7,7	6,50	0,32	16,8	7,9	0,56
60	12	7,4	7,80	0,39	16,2	10,1	0,78
	14	6,7	8,70	0,42	15,6	12,9	0,84
	8	7,0	9,10	0,53	14,6	14,2	0,87
120	12	6,4	12,30	0,64	14,0	16,5	1,08
	14	5,9	14,4	0,82	13,7	19,5	1,21
	8	5,8	13,8	0,72	12,1	20,1	1,16
250	12	4,9	17,2	0,86	10,9	23,8	1,37
	14	4,4	19,1	0,99	10,0	25,2	1,46

Снижение температуры до —5 °С несколько замедляет гидролиз жира, но мало тормозит его окисление (табл. 32). Перекисное число жира за 60 суток при влажности 12 % в нежирной и жирной рыбной муке увеличивается в 1,3...1,4 раза, а при влажности 14 % — в 1,5 раза. С увеличением срока хранения до 250 суток перекисное число возрастает более чем в 3 раза. Причем здесь уже отмечаются потери сырого жира в 1,2...1,4 раза и увеличение его кислотного числа в 1,8...2,4 раза, в зависимости от влажности нежирной и жирной рыбной муки.

В муке, кроме значительных потерь сырого жира, белковых веществ, отмечается снижение количества витаминов B_1, B_2, РР. Изменение витаминов группы В в нежирной муке при различных сочетаниях температуры и влажности представлены на рисунке 26. Эти данные наглядно показывают, что наиболее интенсивно разрушаются при хранении нежирной рыбной муки витамины B_1 и B_2. Причем чем выше температура и влажность, тем потери витаминов значительнее.

Таблица 32. **Влияние влажности на изменение количества и качества жира рыбной муки при —5 °С, на абсолютно сухое вещество (по М. Г. Голик, Т. И. Фетисовой, Н. Я. Феста, В. Б. Карпавичюте)**

Продолжительность хранения, сут.	Влажность, %	Нежирная: сырой жир, %	Нежирная: кислотное число, мг КОН	Нежирная: перекисное число, % I_2	Жирная: сырой жир, %	Жирная: кислотное число, мг КОН	Жирная: перекисное число, % I_2
Контроль	—	8,3	5,23	0,22	17,9	5,9	0,31
	8	8,3	—	0,22	—	—	—
30	12	8,2	—	0,22	—	—	—
	14	8,2	—	0,24	—	—	—
	8	8,1	5,3	0,25	17,5	6,4	0,36
60	12	8,0	5,6	0,29	17,1	6,8	0,43
	14	7,9	5,9	0,33	16,9	7,1	0,48
	8	7,6	5,7	0,44	16,8	7,8	0,65
120	12	7,2	6,5	0,56	15,9	9,8	0,82
	14	7,2	7,0	0,62	15,6	10,9	0,89
	8	6,9	8,1	0,61	15,2	9,8	0,92
250	12	6,4	9,4	0,70	14,0	12,8	1,03
	14	6,1	10,5	0,73	13,0	14,2	1,07

При влажности 8...10 % и температуре 20 °С за 250 суток количество витамина B_1 снижается на 57...60 %, а B_2 — на 68...72 %, с повышением влажности до 12 %

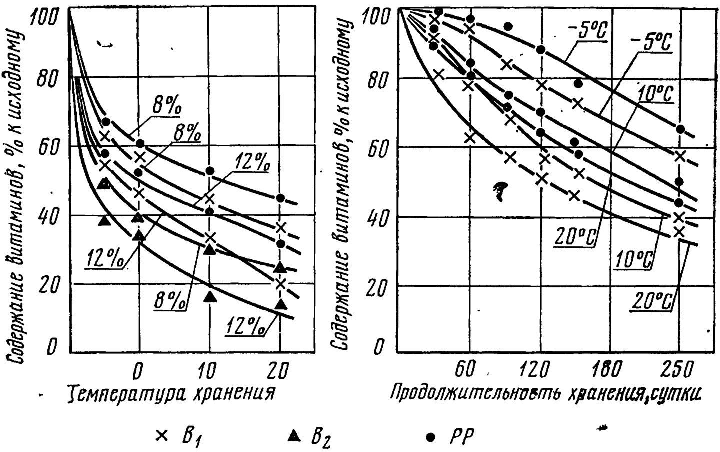

Рис. 26. Изменение содержания витаминов при хранении нежирной рыбной муки:

а — при различных сочетаниях температуры и влажности за 250 суток; *б* — при различной продолжительности хранения.

эти потери возрастают до 65 и 80 % соответственно. Наиболее стойкий при хранении витамин РР. Однако его потери при 10° и 20 °С и влажности 12 % за 150 суток составили 26...29,9 %, а за 250 суток — 50 % при температуре 10 °С и 62 % при температуре 20 °С.

Результаты изучения влияния температуры и влажности на химический состав нежирной рыбной муки показывают, что при хранении в ней происходят значительные изменения. Несколько снижается содержание сырого протеина, сырого жира, но особенно значительны потери витаминов, водорастворимого белка, являющегося наиболее ценной частью азотистых веществ рыбной муки. Одновременно в муке накапливаются продукты распада этих веществ — аммиак, свободные жирные кислоты и перекисные соединения. Указанные процессы усиливаются при положительных температурах с повышением влажности и сроков хранения рыбной муки.

Влажность и температура влияют на степень распада витаминов группы В как в жирной, так и в нежирной рыбной муке. Наиболее интенсивно разрушаются при хранении жирной рыбной муки, так же как и в нежирной, витамины B_1 и B_2. Причем чем выше температура и влажность, тем выше потери указанных витаминов.

При влажности 8...10 % и температуре —5° и 0 °С за 60 суток потери витамина B_1 составляют около 13 %, а при 10° и 20 °С — 20...41 %. Витамин B_2 при влажности 8 % разрушается на 8...15 %, а при влажности 10 % его потери достигают 19 % при —5° и 20 % при 0 °С. При температуре 10° и 20 °С его количество снижается на 37...50 %. С повышением влажности и сроков хранения эти потери возрастают. Наиболее стойким при хранении оказался витамин РР.

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТОЙКОСТЬ МЯСО-КОСТНОЙ МУКИ ПРИ ХРАНЕНИИ

Из всех видов кормовых продуктов, вырабатываемых на мясокомбинатах, наибольший удельный вес имеет производство мясо-костной муки.

Мясоперерабатывающая промышленность производит мясо-костную муку трех сортов. В зависимости от сорта эта мука содержит от 30 до 50 % белка и от 13 до 20 % жира, в ней также содержится значительное

количество витаминов, свободных аминокислот и других веществ.

Значительное содержание указанных веществ делает ее так же, как и рыбную муку, нестойкой в хранении.

В жирах мясо-костной муки содержится в среднем до 60 % насыщенных жирных кислот, в основном пальмитиновой и стеариновой, и около 40 % ненасыщенных — олеиновой и линолевой. Соотношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот может изменяться в зависимости от сырья, используемого для производства муки (говяжье, баранье, свиное и т. д.), так как химический состав жира различных животных неодинаков.

Влажность мясо-костной муки по стандарту не должна превышать 9...10 %. Однако в условиях влажного климата или дождливой погоды возможны случаи увеличения влажности, а следовательно, и снижения стойкости продукта при хранении.

В опытах М. Г. Голик, Т. И. Фетисовой, Г. Ф. Федоровой, А. И. Сницарь (1976) изучалось влияние влажности на качество мясо-костной муки (табл. 33).

Таблица 33. **Изменение азотистых веществ, количества и качества жира в мясо-костной муке разной влажности при 20 °С** (по М. Г. Голик, Г. Ф. Федоровой, Т. И. Фетисовой)

Продолжительность хранения, сут.	Влажность, %	Сырой протеин, %	Водорастворимый белок, %	Аммиак, мг %	Сырой жир, %	Кислотное число, мг КОН
Контроль	—	49,00	29,73	36,39	22,50	6,72
	10,0	46,83	19,26	70,75	21,77	8,40
60	12,0	46,11	17,48	73,41	21,55	10,08
	14,0	45,76	16,98	77,98	20,45	10,33
	10,0	44,58	17,98	83,02	20,26	12,33
180	12,0	43,26	15,00	90,09	20,00	14,08
	14,0	42,15	14,18	101,10	17,59	18,52

Анализ данных таблицы 33 свидетельствует о значительных изменениях в химическом составе мясо-костной муки при хранении. Так, например, уже за 60 суток хранения в муке влажностью 10...12 % количество сырого жира снижается на 0,73...1,0 %, его кислотное число возрастает в 1,25...1,5 раза, а перекисное — в 2 раза. За 180 суток потери сырого жира еще больше

возрастают, кислотное и перекисное числа увеличиваются в 2 и 5 раз соответственно. С увеличением влажности до 14 % гидролиз и окисление жира активизируются даже за небольшой срок хранения (60 суток) и тем более за 180 суток.

Кроме того, в муке отмечаются значительные потери белковых веществ и увеличение количества аммиака. Количество сырого протеина за 180 суток при влажности муки 10...12 % уменьшается на 4,4 и 5,7 %, а водорастворимого белка — на 40...50 % от исходного, содержание аммиака возрастает в 2...2,5 раза. С повышением влажности увеличивается как распад белка, так и накопление аммиака.

В таблице 34 приведены данные о влиянии температуры на стойкость мясо-костной муки влажностью 7 % по данным Г. Ф. Федоровой и Т. И. Фетисовой (1977).

В мясо-костной муке даже с низкой исходной влажностью при температуре 20 °С за 45 суток хранения идет интенсивное окисление жира, его перекисное число уже через 30 суток достигает максимума, а на 45-е сутки уже находится на стадии снижения, о чем свидетельствует присутствие продуктов распада перекисей-альдегидов в муке (рис. 27).

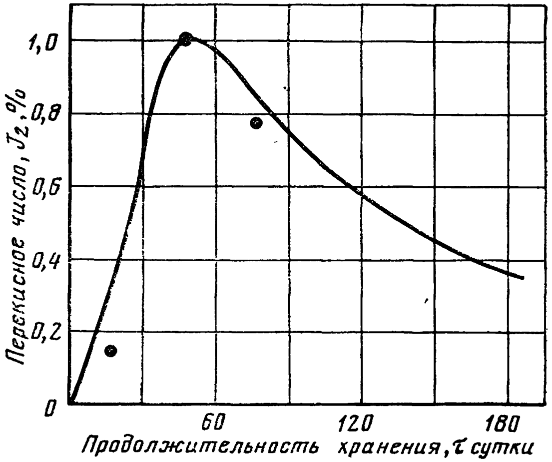

Рис. 27. Изменение перекисного числа жира мясо-костной муки при температуре хранения 5 °С и свободном доступе воздуха.

Таблица 34. **Изменение содержания азотистых веществ, количества и качества жира в мясо-костной муке влажностью 7% в зависимости от температуры** (по Г. Ф. Федоровой и Т. И. Фетисовой)

Продолжительность хранения, сутки	Сырой протеин		Водорастворимый белок		Аммиак		Сырой жир		Кислотное число		Перекисное число, % I_2
	%	% к исходному	%	% к исходному	мг КОН	% к исходному	%	% к исходному	мг КОН	% к исходному	
—	51,10	100	7,24	100	132,22	100	22,12	100	19,03	100	0
При температуре t 5 °C											
45	50,75	99,3	6,63	91,6	178,66	135,0	20,82	94,2	21,97	115,4	1,07
75	50,46	98,7	6,13	84,7	186,00	140,7	19,79	89,5	28,54	150,0	0,98
135	50,15	98,2	6,00	82,9	197,59	149,4	19,23	86,9	43,83	230,3	—
При температуре t 10 °C											
45	50,66	90,1	6,59	91,0	182,67	138,2	20,82	94,2	26,25	138,2	1,11
75	50,50	98,8	5,73	79,1	190,13	143,8	19,77	89,4	29,07	152,7	0,84
135	49,98	98,0	5,57	76,9	199,56	150,9	19,04	86,1	48,55	255,1	—
При температуре t 20 °C											
45	50,11	98,1	6,00	82,9	185,42	140,2	19,76	89,3	26,95	141,6	0,77
75	49,58	96,9	5,00	69,1	194,12	146,8	19,26	87,1	32,61	171,4	0,49
135	49,28	96,2	4,90	67,7	203,28	153,7	18,80	85,0	50,52	265,4	—

Кислотное число жира за тот же срок увеличивается в 1,4 раза, а потери сырого жира составляют 10,7 % от исходной величины. За 75...135 суток распад перекисей ускоряется, кислотное число жира возрастает в 2,6 раза, а потери жира составляют 13 % по сравнению с контролем. Существенные изменения претерпевают и азотистые вещества муки. Количество сырого протеина снижается на 1,8 %, водорастворимого — на 37,3 %, а аммиака возрастает в 1,5 раза от исходной величины за 135 суток.

Снижение температуры до 5 °С замедляет распад белковых веществ, но почти не влияет на окислительные процессы. Так, перекисное число жира за 45 суток увеличилось от 0 до 1,07 % I_2, а за 75 суток оно уже начинает снижаться, хотя и с несколько меньшей скоростью, чем при температуре 20 °С. Потери сырого жира при этом достигают почти 15 % от исходной величины.

ПРИМЕНЕНИЕ АНТИОКИСЛИТЕЛЕЙ И КОНСЕРВАНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ КОМБИКОРМОВОГО СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ

Стойкость комбикормового сырья животного происхождения при хранении зависит от качества сырья, из которого оно получено. Чем свежее сырье, тем выше качество кормовой рыбной и мясо-костной муки.

При хранении рыбной и мясо-костной муки, приготовленной из сильноокисленного сырья, процессы окисления и распада жира идут более интенсивно, чем в муке, приготовленной из сырья с малоокисленным жиром. Во время окисления жира образуются перекиси, особенно при длительном хранении, которые оказывают разрушающее действие на жирорастворимые витамины А и Е, снижая биологическую ценность корма.

Процессы окисления жира, содержащегося в рыбной муке, могут вызвать порчу муки из-за самосогревания ее при хранении в неблагоприятных условиях как на рыбоперерабатывающих заводах, так и во время перевозок, особенно на судах (Л. Н. Егорова, В. И. Трещева, 1971). Самосогревание муки может происходить не только в результате окисления. При хранении в условиях повышенной влажности мука поглощает влагу, поэтому создаются благоприятные условия для развития бактерий и плесневых грибов, в результате жизне-

деятельности которых повышается температура продукта. Биологическая ценность муки, подвергавшейся самосогреванию, сильно снижается, а процентное содержание неусвоенного азота намного возрастает. Выделение тепла — это показательный признак глубоких химических изменений, происходящих в муке.

В связи с сезонностью заготовок рыбных продуктов сырье для изготовления рыбной муки иногда приходится хранить длительное время. Для сохранения рыбных, а также и мясных отходов используют различные консерванты, т. е. вещества, предохраняющие сырье от порчи и угнетающие рост микроорганизмов, особенно плесеней. В качестве консервирующих веществ используют поваренную соль, пиросульфит натрия (метабисульфит натрия), пропионовую и сорбиновую кислоты. Наиболее эффективны эти консерванты при добавлении их не в сухие корма, а во влажные отходы, используемые для производства рыбной и мясо-костной муки.

В качестве антиокислителей жиров для комбикормового сырья животного происхождения изучены фенольные антиокислители — бутилоксианизол (БОА), бутилокситолуол (БОТ); эфиры галловой кислоты — этилгаллат, пропилгаллат, октилгаллат, додецилгаллат, аскорбилпальмитат (эфир аскорбиновой и пальмитиновой кислот). В последнее время начали применять для стабилизации растительных и животных кормов антиокислители, сантохин и дилудин.

Наша промышленность выпускает ионол (технический), который по химическому составу идентичен БОТ. Ионол представляет собой белый или бледно-желтый порошок с температурой плавления не менее 67 °С, нерастворимый в воде, но хорошо растворимый в жирах и их растворителях.

БОА близок БОТ по составу и свойствам. Оба указанных антиокислителя разрешены к применению в СССР для стабилизации пищевых животных жиров в дозировке 0,02 %. Они применяются в пищевой промышленности многих стран.

По стандарту кормовая рыбная мука должна выпускаться стабилизированная ионолом в количестве 0,02...0,1 %.

Многие авторы отмечают, что антиокислители снижают или предотвращают самосогревание рыбной муки.

Опытами М. Г. Голик, В. Б. Карпавичюте, Т. И. Фетисовой, Г. Ф. Федоровой (1977) показано, что эффективность применения сантохина для стабилизации рыбной муки значительно выше при добавлении в свежий продукт и очень мала при использовании в сырье животного происхождения, которое уже хранилось длительное время без антиокислителя. Степень действия сантохина зависит также от температуры продукта, влажности и исходных показателей качества жира (табл. 35, 36).

Таблица 35. **Влияние добавки сантохина (0,04%) на стойкость жировой фракции жирной рыбной муки при хранении к исходной величине (по В. Б. Карпавичюте), %**

Срок хранения, сутки	Влажность, %	Сантохин, 0,04 %	Сырой жир, %	Кислотное число жира, мг KOH	Перекисное число жира, % I_2	Йодное число жира, г I_2
Контроль	—		100	100	100	100
При температуре —5 °C						
60	8	Без сантохина	97,7	108,6	116,1	93,5
	8	С сантохином	99,4	101,8	112,9	99,1
	14	Без сантохина	94,4	121,5	154,8	87,5
	14	С сантохином	97,2	106,9	141,9	97,6
250	8	Без сантохина	84,9	166,3	296,7	68,4
	8	С сантохином	89,3	154,4	283,8	79,5
	14	Без сантохина	72,6	241,0	345,1	54,7
	14	С сантохином	79,3	225,8	332,2	66,8
При температуре 20 °C						
60	8	Без сантохина	93,8	134,1	180,6	83,7
	8	С сантохином	96,6	122,2	170,9	88,0
	14	Без сантохина	87,1	219,0	270,9	59,8
	14	С сантохином	92,1	205,4	254,8	67,1
250	8	Без сантохина	67,6	341,2	374,1	48,3
	8	С сантохином	76,5	322,5	351,6	64,8
	14	Без сантохина	55,7	427,8	470,9	22,3
	14	С сантохином	67,0	404,0	441,9	50,1

Анализ данных таблицы 35 показывает, что тормозящее действие спиртового раствора сантохина в количестве 0,04 % на процессы гидролиза и окисления жира в большей степени проявляется при повышенной температуре (20 °C) и влажности. Особенно заметное влия-

Таблица 36. **Влияние добавки сантохина (0,04%) на содержание азотистых веществ и качество жира мясо-костной муки при хранении** (по Г. Ф. Федоровой)

Продолжительность хранения, сут.	Влажность, %	Сантохин, 0,04 %	Сырой протеин		Водорастворимый белок		Аммиак		Сырой жир		Кислотное число		Перекисное число	
			%	% к исходному	%	% к исходному	мг %	% к исходному	%	% к исходному	мг КОН	% к исходному	% I_2	% к исходному
0	10		40,68	100	15,58	100	75,2	100	17,9	100	22,68	100	0,2	100
60	10	Без сантохина	38,72	95,2	13,59	87,2	98,12	130,0	14,30	79,9	35,20	155,2	0,80	400
	10	С сантохином	38,84	95,5	14,57	93,5	86,44	114,9	15,56	87,5	30,24	133,3	0,45	230
120	10	Без сантохина	37,90	93,2	12,99	83,4	106,25	141,3	13,88	77,2	40,32	177,0	1,03	515
	10	С сантохином	38,78	95,3	13,90	89,2	97,51	130,0	14,93	83,4	38,30	168,9	0,68	340
	14	Без сантохина	36,42	91,0	11,64	74,7	54,13	72,0	10,07	56,3	73,36	323,0	1,05	525
	14	С сантохином	37,55	92,2	12,60	80,9	53,24	71,0	11,37	63,4	71,68	316,0	0,77	385
180	10	Без сантохина	37,58	92,2	9,86	63,3	119,14	158,4	12,36	69,0	41,45	182,8	1,04	520
	10	С сантохином	38,00	93,6	10,24	65,7	101,83	135,4	14,31	79,0	39,03	172,1	0,70	350
	14	Без сантохина	33,37	82,0	8,93	57,3	50,64	67,3	9,36	52,0	130,36	574,8	1,26	630
	14	С сантохином	35,07	86,2	9,42	60,5	50,11	66,6	10,61	59,0	99,08	436,8	0,78	390

ние оказывает сантохин на снижение скорости нарастания кислотного и перекисного чисел жира.

Нужно отметить, что снижение степени окисления жиров повышает стойкость других питательных веществ рыбной муки, таких, как белковые вещества и витамины. Снижается распад водорастворимого белка, некоторых витаминов. В рыбной муке с сантохином при влажности 8 % за 250 суток хранения потери водорастворимого белка составляют 39,4 %, содержание аммиака возрастает на 10,8 % от исходного, а без сантохина потери водорастворимого белка составили 51,3 %, и количество аммиака увеличилось на 15,3 %.

При влажности муки 14 % потери водорастворимого белка составляют 48,8 %, аминный азот увеличивается на 54,8 %, без сантохина соответственно на 65,7 и 68,5 % от исходной величины.

При снижении температуры до 10° и 0 °С стабилизирующее действие сантохина уменьшается, а при —5 °С становится незначительным. Потери витаминов в жирной рыбной муке, обработанной сантохином, также значительно меньшие, чем без антиокислителя. Так, например, в образце муки влажностью 14 % при 20 °С потери витамина по сравнению с контролем за 250 суток меньшие: B_1 — на 10,7 %, B_2 — на 10,6 и РР — на 11,1 %.

Как видно из таблицы 36, при хранении мясо-костной муки с сантохином несколько замедляются гидролиз и окисление жира, причем действие антиокислителя наиболее эффективно при повышении влажности продукта и сроков его хранения. Так, за 60 суток хранения при влажности 10 % кислотное число жира увеличивается в 1,3 раза, перекисное — в 2,3 раза. А в контроле кислотное число жира увеличивается в 1,5, а перекисное число в 4 раза. При влажности 14 % за тот же срок стабилизирующий эффект несколько выше. Отмечается несколько лучшая сохранность белковых веществ, что особенно наглядно видно по данным изменения водорастворимого белка. За 60 суток при влажности 10 % он сохранился на 93,5 %, а в образце без сантохина только на 87,2 %, количество свободного аммиака в этом образце также было выше.

Для сохранения качества рыбной муки как с антиокислителем, так и без него немаловажное значение имеет вид упаковки, в которой она хранится.

Бумажные многослойные мешки предпочтительнее джутовых, даже при хранении с антиокислителем.

В. И. Трещева, Л. Н. Егорова (1970) отмечают, что органолептические показатели рыбной муки при хранении ее без антиокислителей и с ионолом различны. В нестабилизированной рыбной муке изменения органолептических признаков были заметны уже через два месяца. При всех способах упаковки, кроме крафт-мешков без вкладышей, в муке наблюдалось самосогревание. В ней сначала появляются комки и запах окисленного жира. В муке с антиокислителем, упакованной так же, как и без антиокислителя, органолептические показатели (цвет, запах, консистенция) в течение всего периода хранения не изменялись. Авторы отмечают, что следует учитывать то обстоятельство, что кормовая мука, приготовленная из разного сырья, ведет себя при хранении по-разному вследствие того, что жир имеет различную способность к окислению.

ПРИМЕНЕНИЕ РГС И ИСКУССТВЕННОГО ХОЛОДА ПРИ ХРАНЕНИИ КОМБИКОРМОВОГО СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Опыты по хранению рыбной, мясо-костной муки показали, что применение РГС дает возможность длительное время сохранять это скоропортящееся сырье без потерь.

Применение РГС при хранении нежирной рыбной муки. На Таурагском хлебоприемном предприятии Литовской ССР в производственных условиях хранили нежирную рыбную муку в металлических силосах, оборудованных для хранения гранулированной травяной муки в РГС. Вместимость каждого силоса 420 м^3, поперечное сечение 8,5 м и высота 7,5 м. В силосы вместе с гранулированной травяной мукой на глубину 1,5...2,0 м помещали по два тканевых мешка с нежирной рыбной мукой массой 50...60 кг.

Состав РГС: кислорода 0,5...1 %, углекислого газа 13...13,5, азота 95,5...86,5 %; температура РГС 10...20 °С, относительная влажность 90...100 %.

На Таурагском комбинате хлебопродуктов в РГС хранили также нежирную рыбную муку с различной влажностью (8, 10, 12, 14 %) в полиэтиленовых контейнерах (ПЭК).

В неотапливаемом помещении был оборудован крупногабаритный деревянный стеллаж высотой 2,52 м с шестью полками, каждая длиной 3,2 и шириной 1 м. На каждой полке уложен контейнер размером 3,2×0,92 м, изготовленный из полиэтиленовой светонестабилизированной пленки толщиной 100 мк.

Концы пленочных контейнеров собирали вокруг штуцеров раздаточного и отборочного коллекторов, скрепляли хомутами и герметизировали слоем нитрошпаклевки. На штуцерах собранного коллектора для каждого контейнера были смонтированы краны для отбора образцов РГС. На входе и выходе РГС установлены были заборные краны ∅ 20 мм. При такой конструкции установки можно было РГС подавать в контейнеры, отводить из них, пополнять и отбирать образцы ее для анализа. В каждый контейнер помещали по 100 кг продукта. Нежирную рыбную муку такого же состава и качества, как в металлическом силосе, помещали в тканевые мешки массой 50 кг.

Рыбную муку в контейнерах хранили при естественно складывающихся температурных условиях, относительной влажности воздуха 83 %. РГС получали от генератора ГНС-30. При хранении рыбной муки в контейнерах среднее содержание кислорода составляло 1 %.

В каждый контейнер помещали муку только одной влажности. Контрольные образцы хранили 150 суток.

Результаты влияния РГС на содержание и состав азотистых фракций в нежирной рыбной муке представлены в таблице 37.

Анализ данных таблицы 37 показывает, что при хранении в РГС с содержанием кислорода 1 % как в силосе, так и в ПЭК изменений в содержании белка и других азотистых фракций за 150 суток при влажности продукта 8,4...10,1 % практически не происходит, за 250 суток в металлическом силосе № 1 содержание сырого белка снизилось незначительно, а водорастворимого — на 8,4 %, количество аммиака увеличилось на 7,9 % по сравнению с исходной величиной. В ПЭК при влажности 12,4...13,9 % отмечается уменьшение водорастворимого белка на 7,3...9,4 % и увеличение аминного азота на 1,9...4,1 %, аммиака на 4,7...7,5 %. В складе при свободном доступе воздуха (21 % O_2) потери водорастворимого белка за 150 суток составили 27,0...

Таблица 37. Содержание белка и небелковых азотистых веществ при хранении нежирной рыбной муки в РГС и при свободном доступе воздуха (по В. Б. Карпавичюте, М. Г. Голик)

Продолжительность хранения, сут.	Содержание кислорода, % РГС	Влажность, %	Сырой протеин		Водорастворимый белок		Аминный азот		Аммиак	
			%	% к контролю	%	% к контролю	мг%	% к контролю	мг%	% к контролю
	Силос № 1									
0	—	8,2	71,9	100	9,6	100	118,5	100	43,8	100
150	1	10,1	71,7	99,7	9,1	94,7	119,8	101,1	44,6	101,8
	21 (склад)	10,3	68,8	95,6	7,1	73,0	134,8	113,7	62,3	142,2
250	1	10,9	71,5	99,4	8,8	91,6	121,5	102,5	47,3	107,9
	Силос № 2									
0	—	8,0	67,5	100	8,7	100	125,9	100	109,5	100
150	3	10,9	67,2	99,5	7,9	90,8	129,4	102,8	113,4	103,5
	21 (склад)	11,1	64,2	95,1	6,2	71,4	144,5	114,7	123,6	112,8
250	3	11,5	66,9	99,1	7,6	87,3	130,3	103,3	118,6	108,3
	ПЭК									
150	1	8,4	71,9	100	9,4	97,9	119,1	100,5	44,3	101,1
150	1	10,1	71,8	99,8	9,2	95,8	119,6	100,9	44,9	102,5
150	1	12,4	71,6	99,6	8,9	92,7	120,8	101,9	45,9	104,7
150	1	13,9	71,1	99,0	8,7	90,6	123,4	104,1	47,1	107,5

Таблица 38. Содержание жира и витаминов при хранении нежирной рыбной муки в РГС и при свободном доступе воздуха (по В. Б. Карпавичюте, М. Г. Голик)

Продолжительность хранения, сут.	Содержание кислорода, %	Влажность, %	Сырой жир		Кислотное число		Перекисное число		Витамины, % к контролю		
			%	% к контролю	мг КОН	% к контролю	% I_2	% к контролю	PP	B_1	B_2
	Силос № 1								5,27 мг %	0,11 мг %	0,49 мг %
0	—	8,2	10,0	100	8,4	100	0,27	100	100	100	100
150	1	10,1	9,7	97,0	9,0	107,1	0,27	100	89,1	80,1	81,6
150	21 (склад)	10,3	7,8	78,0	19,8	235,7	0,79	292,0	72,1	53,1	53,0
250	1	10,9	9,3	93,0	9,6	114,2	0,27	100	81,5	63,9	69,3
	Силос № 2										
0	—	8,0	9,5	100	12,3	100	0,33	100	100	100	100
150	3	10,9	8,8	92,6	13,5	109,7	0,33	100	83,1	74,8	77,5
150	21 (склад)	11,1	7,6	80,0	29,5	239,8	1,02	309,0	70,0	51,9	53,3
250	3	11,5	8,6	90,5	14,2	115,4	0,34	103,0	76,5	60,6	64,4
	ПЭК										
150	1	8,4	9,9	99,0	8,6	102,3	0,27	100	91,0	80,1	83,6
150	1	10,1	9,8	98,0	8,8	104,7	0,27	100	89,1	78,3	81,6
150	1	12,4	9,6	96,0	9,2	109,5	0,27	100	85,3	76,5	79,5
150	1	13,9	9,5	95,0	9,4	111,9	0,27	100	83,4	53,1	73,4

28,6 %. Количество аммиака увеличилось на 12,8... 42,2 %.

Результаты исследования влияния РГС на содержание жира показывают, что при наличии в РГС 1...3 % кислорода качество жира нежирной рыбной муки в течение 250 суток практически не ухудшается (табл. 38).

Количество жира за 150 и 250 суток уменьшилось на 3...7 % при 1 % кислорода и на 7...9,5 % при 3 % кислорода. При хранении рыбной муки в складе (21 % кислорода) содержание жира за 150 суток уменьшилось на 20...22 %, кислотное число увеличилось почти в 2,4 раза, перекисное число — в 3 раза.

Анализ данных таблицы 38 показывает, что при хранении нежирной рыбной муки в ПЭК влажностью 8,4... 10,1 % в РГС с 1 % кислорода за 150 суток существенных изменений не происходит. Качество жира не изменяется, а количество жира незначительно снижается (на 1...2 %). При повышении влажности муки до 12,4 и 13,9 % потери сырого жира составляют 0,4...0,5 %, т. е. 4...5 % от исходной величины.

Незначительно возрастает кислотное число, а перекисное остается без изменений. В обычных условиях количество жира при влажности 8...10,3 % снижается на 22 %, кислотное число жира увеличивается в 2,3 раза, перекисное — почти в 3 раза.

Общая кислотность рыбной муки в РГС не изменилась, а в обычных условиях несколько возросла.

Витамины разрушаются как в обычных условиях, так и при снижении концентрации кислорода. Но при содержании кислорода 1 % за 150 суток количество витамина PP снизилось на 10,9 %, B_1 — на 19,9 %, B_2 — на 18,4 % от исходной величины. С увеличением содержания кислорода до 3 % потери несколько возросли, а при 21 % кислорода они были значительно большими и составили по витамину PP — 27,9...30 %, B_1 — 46,9...48,1, B_2 — 46,7...47 %. С увеличением влажности даже при хранении в РГС потери возрастают, но в меньшей степени, чем в обычных условиях.

При хранении рыбной муки в РГС изменений качества и органолептических показателей не наблюдалось, в складе (21 % кислорода) наблюдались уменьшение сыпучести и потемнение.

Исследования по хранению нежирной рыбной муки в металлических силосах и полиэтиленовых контейне-

рах, в РГС, содержащей 1 и 3 % кислорода, показали, что в этих условиях почти полностью прекращаются процессы окисления жира, уменьшается развитие микроорганизмов и существенно замедляются процессы гидролитического распада питательных веществ.

Применение РГС при хранении жирной рыбной муки. Муку хранили в тканевых мешках на глубине 1,5...2,0 м в металлических силосах, заполненных гранулированной травяной мукой.

Для изучения влияния влажности на качество жирной рыбной муки в РГС с 1 % кислорода ее хранили в полиэтиленовых контейнерах (ПЭК).

В контейнеры заложены образцы жирной рыбной муки той же партии и качества, что и в силосы, но с разной влажностью (8, 10, 12, 14 %). Изменение содержания белка и небелковых азотистых веществ при хранении жирной рыбной муки показано в таблице 39. За 150 суток при содержании в силосе 1 % кислорода не снижается количество общего азота и не возрастает содержание аммиака. При этом несколько уменьшается количество водорастворимого белка (на 8,5 %) и увеличивается аминный азот (на 3,1 %), что указывает на возрастание свободных аминокислот.

При 3 % кислорода в РГС содержание сырого протеина изменяется мало, потери водорастворимого белка составляют 10,9 % и незначительно (на 1,6 %) возрастает количество аммиака.

При хранении в складе (21 % кислорода) за тот же период количество сырого протеина снижается на 6,5 %, водорастворимого белка — на 48,8 %. Почти в 1,5 раза увеличивается содержание аминного азота и в 1,3 раза — аммиака и азота летучих оснований, т. е. идут глубокие процессы гидролитического распада белковых веществ.

Влияние РГС на содержание жира и его качество показано в таблице 40. Как видно из таблицы при содержании 1 % кислорода качество жира за 150 и 250 суток практически не изменяется. Содержание жира снижается незначительно (на 5,3...7,6 % от исходной величины), т. е. практически полностью угнетаются окислительные процессы и замедляются гидролитические.

При содержании 3 % кислорода потери жира за 150 суток составили 9 %, качество жира почти не изменилось. За 250 суток хранения количество жира сни-

Таблица 39. Содержание белка и небелковых азотистых веществ при хранении жирной рыбной муки в РГС и при свободном доступе воздуха (В. Б. Карпавичюте, М. Г. Голик, Т. И. Фетисова)

Продолжительность хранения, сутки	Содержание кислорода, %	Влажность, %	Сырой протеин		Водорастворимый белок		Аминный азот		Аммиак	
			%	% к контролю	%	% к контролю	мг %	% к контролю	мг %	% к контролю
	Силос № 1									
0	—	8,0	65,3	100	20,1	100	158,0	100	147,6	100
150	1	10,6	65,0	99,5	18,4	91,5	163,0	103,1	147,9	100,2
150	21 (склад)	10,9	61,1	93,5	10,3	51,2	235,2	148,7	189,7	128,5
250	1	11,8	64,8	99,2	17,9	89,0	164,3	103,9	149,7	101,4
	Силос № 2									
0	—	8,0	56,3	100	16,6	100	143,2	100	155,7	100
150	3	10,2	55,9	99,2	14,8	89,1	149,8	104,6	158,2	101,6
150	21 (склад)	10,4	53,1	94,3	9,3	56,0	210,7	147,1	196,7	126,3
250	3	10,4	55,7	98,9	14,1	84,9	150,8	105,3	160,1	102,8
	ПЭК									
150	1	8,6	65,2	99,8	19,2	95,5	159,6	101,0	147,6	100
150	1	10,3	65,0	99,5	18,7	93,0	161,3	102,0	148,1	100,3
150	1	12,6	64,7	99,0	17,9	89,0	164,2	103,9	149,7	101,4
150	1	14,0	64,2	98,3	17,4	86,5	171,2	108,3	151,3	102,5

Таблица 40. Содержание жира и витаминов при хранении жирной рыбной муки в РГС и при свободном доступе воздуха (В. Б. Карпавичюте, М. Г. Голик, Т. И. Фетисова)

Продолжительность хранения, сут.	Содержание кислорода, %	Влажность, %	Сырой жир		Кислотное число		Перекисное число		Витамины, % к контролю		
			%	% к контролю	мг КОН	% к контролю	% I_2	% к контролю	PP	B_1	B_2
	Силос № 1								6,96 мг %	0,109 мг %	0,54 мг %
0	—	8,0	17,2	100	15,1	100	0,38	100	100	100	100
150	1	10,6	16,3	94,7	16,4	108,6	0,38	100	84,3	74,0	77,4
150	21 (склад)	10,9	13,2	76,7	39,5	261,5	1,25	328,0	52,7	39,2	30,6
250	1	11,8	15,9	92,4	17,2	113,9	0,39	102,6	76,8	60,7	67,7
	Силос № 2										
0	—	8,0	17,9	100	17,4	100	0,40	100	100	100	100
150	3	10,2	16,3	91,0	19,4	112,7	0,40	100	78,4	70,7	74,0
150	21 (склад)	10,4	14,1	78,7	44,3	254,5	1,30	325,0	54,6	39,2	33,3
250	3	10,4	15,9	88,8	20,4	117,2	0,42	105,0	71,6	58,5	62,9
	ПЭК										
150	1	8,6	16,8	97,6	15,9	105,2	0,38	100	87,3	74,0	79,0
150	1	10,3	16,5	95,9	16,1	106,6	0,38	100	85,8	73,3	77,4
150	1	12,6	16,2	94,2	16,8	111,2	0,38	100	79,8	71,1	70,9
150	1	14,0	16,0	93,0	17,6	116,5	0,39	102,6	75,3	68,1	64,5

зилось на 11,2 % и несколько ухудшилось его качество: перекисное число возрастает на 5 %, кислотное число жира — на 17,2, йодное число уменьшается на 3,2 % по отношению к исходной величине, но по сравнению с рыбной мукой, которая хранилась в естественных условиях, потери незначительные.

После 150 суток хранения при содержании 1 % кислорода в РГС количество витамина PP снижается на 15,7 %, B_1 — на 26, B_2 — на 22,6 % от исходной величины. При содержании 3 % кислорода в РГС потери витаминов несколько увеличиваются.

Однако при хранении в обычной атмосфере потери витаминов значительно бо́льшие. Количество витаминов PP снижается на 47,3 %, B_1 — на 60,8, B_2 — на 69,4 %.

Эффективность применения РГС при хранении мясо-костной муки. В мясо-костной муке, так же как и в рыбной, при хранении в неблагоприятных условиях возможны глубокие изменения химического состава, а также ухудшение ее качества и питательной ценности. Это связано с наличием в ней большого количества жира, белковых веществ и других химических составляющих. Мясо-костная мука может быть питательной средой для бактерий и плесневых грибов.

Каких-либо рациональных режимов хранения мясокостной муки до сих пор не разработано. Исследовали влияние различных температур на качество мясо-костной муки при хранении ее в РГС (N_2 — 86 %; CO_2 — 9...13 %) с содержанием кислорода 1 и 5 % и в обычных условиях (21 % кислорода). Температура хранения была постоянной в каждом опыте и поддерживалась на уровне 5°, 10° и 20 °С.

Исследованию подвергалась свежевыработанная мясо-костная мука, выработанная на Можайском мясокомбинате Московской области. Мука была изготовлена из отходов говяжьих туш и содержала: влаги 7 %, сырого протеина 47,5, водорастворимого белка 6,7, сырого жира 20,5 %, кислотное число 19,03 мг КОН, перекисное — 0,0 % I_2. Свежая мука имела хорошую сыпучесть и специфический запах, характерный для свежего продукта.

В лабораторных условиях образцы мясо-костной муки влажностью 10 % засыпали в стеклянные сосуды вместимостью 3 л и герметично закрывали резиновыми пробками с двумя стеклянными трубками, через кото-

рые прокачивали РГС требуемого состава. Контролем служили образцы мясо-костной муки, хранившиеся в открытом сосуде, наполненном атмосферным воздухом. Все опытные образцы хранили в течение 180 суток и периодически через 45, 75, 150 и 180 суток определяли влажность, содержание сырого протеина и водорастворимого белка, аммиака, сырого жира и его кислотного и перекисного чисел, реакцию на прогоркание жира. В полупроизводственных условиях муку хранили в полиэтиленовых контейнерах, в металлических силосах, куда она закладывалась в тканевых мешках массой 5...30 кг.

В таблице 41 представлены средние данные по трем экспериментам.

Таблица 41. **Изменение химического состава мясо-костной муки влажностью 10% при хранении в зависимости от температуры и концентрации кислорода в РГС** (по Г. Ф. Федоровой и Т. И. Фетисовой)

Продолжительность хранения, сут.	Содержание кислорода в РГС, %	Температура хранения, °С	Сырой протеин, %	Водорастворимый белок, %	Аммиак, мг%	Сырой жир, %	Кислотное число, мг КОН	Перекисное число, % I_2
0		—	51,1	7,24	132,22	22,12	19,03	0
150	1	5	50,4	6,90	144,20	20,34	24,17	0
		10	50,4	6,85	162,25	20,19	24,44	0
		20	50,3	6,74	162,91	20,21	27,02	0,01
180	1	5	50,3	6,85	149,20	19,71	24,83	0
		10	50,4	6,74	164,27	19,53	26,11	0
		20	50,2	6,59	167,16	19,44	32,31	0
150	5	5	50,5	6,61	175,34	19,96	30,16	0
		10	50,5	6,52	170,37	19,71	31,84	0
		20	50,1	6,42	196,30	19,38	39,73	0,04
180	5	5	50,5	6,60	175,65	19,38	31,24	0
		10	50,4	6,48	173,35	19,13	32,55	0,01
		20	50,0	6,24	200,15	19,14	50,52	0,03
75	21	5	50,4	5,87	177,64	19,52	28,76	0,72
		10	50,3	5,55	179,59	19,49	29,40	0,37
		20	49,2	4,61	213,90	19,09	51,17	0,22
150	21	5	50,0	5,69	189,78	18,73	39,67	—
		10	49,7	5,47	180,00	18,41	50,51	—
		20	48,6	4,25	272,75	17,74	55,42	—
180	21	5	50,0	5,59	195,31	18,54	50,21	0,36
		10	49,5	5,42	189,34	17,51	52,18	0,07
		20	48,0	4,00	230,00	13,76	80,97	—

Анализ данных таблицы 41 показывает, что при температуре 5 °C за 75 суток хранения в образце количество сырого протеина снизилось на 0,70 %, водорастворимого белка — на 1,4 %, увеличилось количество аммиака на 45,6 мг%. Содержание жира снизилось на 2,6 %, а его кислотное число увеличилось в 1,5 раза. Следует отметить, что перекисное число жира увеличилось уже на 15-е сутки и достигло максимума через 30 суток хранения. В этот период оно от нулевого значения в исходном образце повысилось до 1,02 % I_2. На 75-е сутки хранения при температуре 5 °C оно снизилось до 0,78 % I_2.

За 180 суток потери сырого протеина уже составили 1,1 %, водорастворимого белка — 1,6 %, а количество аммиака увеличилось в 1,5 раза. За тот же период содержание жира снизилось на 3,6 %, кислотное число увеличилось более чем в 2,5 раза. В образце отмечается значительный рост грибов и бактерий.

При повышении температуры до 20 °C распад питательных веществ идет интенсивнее. За 180 суток в открытом сосуде с воздухом количество сырого жира снизилось с 22,1 до 13,8 %, кислотное число увеличилось в 4 раза. Качественная реакция на прогоркание жира была положительной, что указывает на глубокий распад перекисей жирных кислот. Потери сырого протеина в этом образце составили 3,1 %, водорастворимого белка — 3,2 %, количество аммиака увеличилось в 1,7 раза. Мясо-костная мука сильно скомковалась; имела затхлый, прогорклый запах, в ней отмечался интенсивный рост микроорганизмов, особенно плесневых грибов.

Если сравнить эти данные с результатами анализа мясо-костной муки, хранившейся в сосуде, наполненном РГС, содержащей 1 % кислорода, то очевидна лучшая сохранность муки как при температуре 5 °C, так и при температуре 20 °C. Мука сохранила нормальный запах и цвет, имела хорошую сыпучесть.

При повышении концентрации кислорода в РГС до 5 % скорость распада питательных веществ возрастает, но в сравнении с обычными условиями даже при температуре 20 °C потери белковых веществ и жира значительно ниже. За 180 суток хранения потери сырого протеина 1,1 %, водорастворимого белка 1 %.

Содержание жира снизилось на 3 %. Кислотное число жира при 5 % кислорода увеличилось в 2,6 раза, а при 21 % кислорода — в 4,2 раза. Содержание кислорода ускоряет и окисление жирных кислот; перекисное число возрастает до 0,03...0,04 % I_2.

Решающую роль при хранении комбикормового сырья животного происхождения имеет влажность. Многочисленными исследованиями показано, что при повышении влажности создаются благоприятные условия для развития микрофлоры и осуществления различных биохимических процессов, в частности гидролиза основных питательных веществ (белков, жиров и др.), и накопление нежелательных продуктов их распада.

В работах М. Г. Голик, Г. Ф. Федоровой, Т. И. Фетисовой и других (1976) изучалось изменение качества мясо-костной муки в зависимости от ее влажности при хранении в РГС с содержанием 1 и 21 % кислорода (табл. 42).

Анализ данных таблицы 42 показывает, что при температуре 5 °С и 1 % кислорода в РГС в муке влажностью 7 и 10 % качественные изменения незначительны. При влажности 14 % отмечено увеличение кислотного числа жира в 1,4 раза; возрастание перекисного числа от 0 до 0,02 % I_2.

При температуре 5 °С в открытом сосуде уже в образцах влажностью 7...10 % потери жира достигают 2,9...3,6 %, кислотное число увеличилось в 1,8...2,6 раза. Перекисное число в образце влажностью 7 % возрастает до 1,11 % I_2, а при влажности 10 % оно уже снижается. Соотношение азотистых веществ в этих условиях изменяется мало.

При влажности 14 % наблюдается значительный распад белковых веществ. Потери сырого протеина составляют 3,3 %, водорастворимого белка — 2,4 %, отмечено уменьшение количества аммиака, что, возможно, связано как с интенсивным развитием микроорганизмов, так и с процессами взаимодействия аммиака с продуктами распада жиров и других веществ влажной мясо-костной муки.

При температуре 20 °С в РГС с 1 % кислорода распад белковых веществ и окисление жира несколько усиливаются при любой влажности, наиболее интенсивны эти процессы в образце влажностью 14 %. Но и

Таблица 42. **Изменение химического состава мясо-костной муки разной влажности при хранении в течение 180 сут. в РГС с 1% кислорода** (по Г. Ф. Федоровой и Т. И. Фетисовой)

Концентрация кислорода в РГС, %	Влажность, %	Сырой протеин		Водорастворимый белок		Аммиак		Сырой жир		Кислотное число		Перекисное число, % I_2	Реакция на прогоркание
		%	% к исходному	%	% к исходному	мг%	% к исходному	%	% к исходному	мг КОН	% к исходному		
—	—	51,10	100	7,24	100	132,22	100	22,12	100	19,03	100	0	
При температуре 5 °C													
1	7	50,86	99,5	7,0	96,7	138,8	105,0	20,33	91,9	22,62	118,9	0	—
	10	50,27	98,4	6,85	94,6	149,2	112,8	19,71	89,2	24,83	130,5	0	—
	14	50,13	98,1	6,71	92,7	162,71	123,0	19,05	86,1	27,41	144,0	0,02	—
21	7	50,25	98,3	6,0	82,9	163,18	123,4	19,23	86,9	34,24	179,9	1,11	+
	10	50,0	97,8	5,59	77,2	195,31	147,7	18,54	83,8	50,21	263,8	0,36	+
	14	47,87	93,7	4,83	66,7	166,74	135,4	12,08	55,0	102,2	537,0	—	
При температуре 20 °C													
1	7	50,66	98,6	6,7	92,5	148,14	112,0	20,26	91,6	27,16	142,7	0	—
	10	50,24	98,3	6,59	91,0	167,16	126,4	19,44	87,9	32,31	169,8	0	—
	14	49,85	97,6	6,41	88,5	179,09	135,4	18,9	85,4	35,67	187,4	0,09	+
21	7	49,73	97,3	4,86	67,1	182,15	137,8	18,8	85,0	33,0	173,4	0,19	+
	10	48,0	93,9	4,0	55,2	230,0	173,0	13,76	62,4	80,97	425,5	—	
	14	45,13	88,3	3,13	43,1	215,0	162,0	3,93	17,8	137,34	721,7	—	

в данном опыте во всех вариантах степень сохранности питательных веществ мясо-костной муки была выше, чем в открытом сосуде с воздухом.

При хранении мясо-костной муки в открытом сосуде отмечена высокая степень прогоркания жира. К концу опыта образец сильно увлажнился, что, по-видимому, связано с активным ростом микроорганизмов и повышенной интенсивностью окислительных процессов. Образцы мясо-костной муки влажностью 10 и 14 % сильно скомковались, заплесневели и имели затхлый прогорклый запах. В образцах влажностью 7 и 10 %, хранившихся при 1 % кислорода, наблюдалась хорошая сыпучесть, они имели нормальный цвет и запах, а при влажности 14 % в образцах появились легкое комкование и запах прогорклого жира.

Результаты изучения влияния сочетаний температуры и концентрации кислорода в РГС на качество свежевыработанной мясо-костной муки показали, что мука влажностью 7...10 % хорошо сохраняет свои исходные качества при температуре 5 ° и 10 °С в течение 180 суток в РГС с 1 % кислорода.

Даже при температуре 20 °С в указанных условиях отмечается высокая степень сохранности мясо-костной муки. Минимальные потери сырого протеина наблюдаются при концентрации кислорода в РГС 1 % (рис. 28).

С повышением концентрации кислорода РГС до 5 % мясо-костная мука влажностью 7...10 % сохраняется в течение 180 суток при температуре 5 °С. При температуре 10 °С срок стойкого хранения мясо-костной муки сокращается до 120...150 суток.

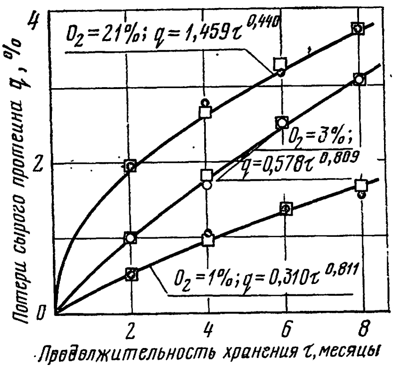

Рис. 28. Потери сырого протеина в мясо-костной муке при хранении в РГС с различным содержанием кислорода.

В открытом сосуде с воздухом (21 % кислорода) мясо-костная мука влажностью 7... 10 % сохраняет свой химический состав без значительных измене-

ний только в течение 45...75 суток при температуре 5 °С.

Следует иметь в виду, что перекисное число жира в этом опыте достигло максимума через 30 суток хранения и было равно 1,02 % I_2. С повышением срока хранения при всех температурных режимах и свободном доступе кислорода перекисное число при хранении снижалось.

С повышением влажности мясо-костной муки до 14 % срок стойкого хранения ее был значительно ниже во всех исследованных вариантах.

В последнее время в нашей стране и за рубежом проводят исследования по гранулированию отдельных компонентов, входящих в состав комбикормов.

В опытах ВЗИПП (Г. Ф. Федорова, Т. И. Фетисова, А. И. Сницарь, 1977) совместно с лабораторией гранулирования и брикетирования кормов Рязанского сельскохозяйственного института проводили опыты по гранулированию мясо-костной муки, а затем исследовали изменение ее качества при хранении.

Мясо-костную муку, полученную на Можайском мясокомбинате, разделили на две партии, одну из которых положили на хранение в рассыпном виде, а другую загранулировали на лабораторной установке Рязанского сельскохозяйственного института, в результате чего были получены гранулы ∅ 20 и длиной 15 мм.

Результаты изучения химического состава рассыпной и гранулированной муки при температуре хранения 20 °С показали, что уже за 30 суток в рассыпной мясокостной муке содержание сырого протеина снизилось на 1,2 %, водорастворимого белка — на 1,6 %, количество аммиака увеличилось в 1,4 раза в то время как в гранулированной муке содержание сырого протеина и водорастворимого белка практически осталось на исходном уровне (табл. 43).

За этот же период хранения количество сырого жира в рассыпной муке снизилось на 2,6 %, кислотное число увеличилось в 1,6 раза, перекисное число выросло с 0 до 0,77 % I_2. За указанный промежуток времени в гранулированной мясо-костной муке содержание сырого жира снизилось только на 1 %, кислотное число увеличилось незначительно, а перекисное — в 2,6 раза.

За 180 суток хранения образец рассыпной мясокостной муки сильно заплесневел, слежался, появился

Таблица 43. **Изменение химического состава рассыпной и гранулированной мясо-костной муки влажностью 10 % при температуре хранения 20 °С (по Г. Ф. Федоровой, Т. И. Фетисовой)**

Продолжительность хранения, сут.	Рассыпная мясо-костная мука					
	сырой протеин, %	водорастворимый белок, %	аммиак, мг%	сырой жир, %	кислотное число, мг КОН	перекисное число, % I_2
0	51,1	7,2	132,2	22,12	19,03	0
30	49,93	5,61	185,94	19,5	29,8	0,77
60	49,23	4,61	213,91	19,09	51,17	1,02
120	48,62	4,25	272,75	17,74	55,42	0,49
180	48,0	4,0	230,0	13,76	80,97	0,19

Продолжение

Продолжительность хранения, сут.	Гранулированная мясо-костная мука					
	сырой протеин, %	водорастворимый белок, %	аммиак, мг%	сырой жир, %	кислотное число, мг КОН	перекисное число, % I_2
0	50,81	6,84	153,86	21,19	22,1	0,15
30	50,64	6,5	183,08	20,14	25,18	0,42
60	50,3	5,73	186,72	19,57	26,86	0,83
120	50,0	5,41	198,14	19,19	28,96	1,11
180	49,87	5,11	246,15	18,42	44,76	0,9

запах прогорклого жира, что свидетельствует о резком снижении его качества.

По своим органолептическим показателям гранулированная мясо-костная мука за 180 суток хранения сохранилась лучше. Содержание сырого протеина и водорастворимого белка снизилось на 1 и 1,7 %, жира — на 2,8 %, кислотное число увеличилось в 2 раза, перекисное только начало снижаться.

Однако даже при хранении гранулированной мясокостной муки в обычных условиях окислительные процессы в ней идут довольно интенсивно.

Результаты изменения химического состава гранулированной мясо-костной муки при хранении в зависимости от содержания кислорода в РГС представлены в таблице 44.

За 60 суток хранения изменений в содержании сырого протеина и водорастворимого белка, а также жира в образцах, хранившихся в РГС с 1 и 5 % кислорода,

Таблица 44. **Изменение химического состава гранулированной мясо-костной муки влажностью 10% в зависимости от содержания кислорода в РГС при температуре хранения 20 °С**

Продолжительность хранения, сутки	Содержание кислорода в РГС, %	Сырой протеин, %	Водорастворимый белок, %	Аммиак, мг%	Сырой жир, %	Кислотное число, мг КОН	Перекисное число, % I_2	Реакция на прогоркание (+, —)
0	21	50,81	6,84	153,86	21,19	22,1	0,15	—
	1	50,79	6,7	160,31	21,07	22,32	0,16	—
30	5	50,7	6,66	162,08	20,75	24,34	0,18	—
	21	50,64	6,5	183,08	20,14	25,18	0,42	—
	1	50,74	6,58	170,95	20,79	25,55	0,16	—
60	5	50,7	6,57	175,39	20,77	26,23	0,18	—
	21	50,3	5,73	186,72	19,57	26,85	0,83	—
	1	50,7	6,48	175,23	20,8	27,28	0,16	—
120	5	50,7	6,38	175,54	20,7	28,04	0,18	—
	21	50,0	5,41	198,14	19,19	28,96	1,11	—
	1	50,64	6,36	179,14	20,75	30,85	0,17	—
180	5	50,55	6,28	180,36	20,32	31,19	0,23	—
	21	49,87	5,11	246,15	18,42	44,76	0,6	—

практически не произошло. Незначительно увеличилось кислотное число, а перекисное выросло всего с 0,15 % I_2 до 0,16 и 0,18 % I_2 соответственно. При обычных условиях (21 % кислорода) за этот же период хранения уже наблюдалось снижение содержания сырого протеина и водорастворимого белка, жира, перекисное число при этом увеличилось до 0,83 % I_2.

Увеличение срока хранения до 180 суток существенно не повлияло на количество сырого протеина и водорастворимого белка, а также жира в образцах, хранившихся в РГС.

Таким образом, при хранении рассыпной мясо-костной муки идут активные биохимические процессы, приводящие к резкому ухудшению ее качества.

В гранулированной мясо-костной муке также идут процессы, приводящие к ухудшению ее качества при хранении, но менее интенсивно, чем в рассыпной.

Гранулированием мясо-костной муки можно частично сократить потери питательных веществ при хранении и затормозить окисление жира.

Опыты показали, что химический состав и качество гранулированной мясо-костной муки при хранении в

РГС с 1 % кислорода в течение 180 суток практически не меняются. При 5 % кислорода содержание питательных веществ (белков, жира) снижается незначительно, но несколько увеличивается окисление жира.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА МИКРОФЛОРЫ СЫРЬЯ ПРИ ХРАНЕНИИ

Интенсивный рост микроорганизмов на комбикормовом сырье животного происхождения может быть причиной их плесневения, самосогревания, прогоркания. В них могут накапливаться токсичные, опасные для здоровья сельскохозяйственных животных и птицы вещества.

На рост и развитие микрофлоры оказывают большое влияние влажность, температура и состав газовой среды, окружающей хранящийся продукт.

В опытах Е. И. Костровой, В. Б. Карпавичюте, Г. Ф. Федоровой было изучено влияние указанных факторов на интенсивность развития грибов и бактерий в рыбной и мясо-костной муке.

Как показали опыты, наиболее интенсивный рост грибов и бактерий отмечался на продукте с повышенной влажностью. Отсутствие кислорода в окружающей среде угнетает развитие всей аэробной микрофлоры.

Исследование состава микрофлоры нежирной и жирной рыбной муки показало, что из грибов чаще всего на ней встречались виды *Aspergillus*. Среди бактерий преобладали так называемые цветные кокки, имеющие колонии лимонно-желтой, желтой, оранжевой и розовой окраски. Эти виды характерны для свежей рыбы. Кроме кокков, особенно при температуре хранения 0° и 10 °С выявлены в преобладающем количестве бесспоровые палочковидные бактерии типа *Pseudomonas*. Попадание нетермостойкой микрофлоры (кокков, *Pseudomonas*, плесневых грибов и др.) в рыбную муку объясняется вторичным загрязнением, так как основная масса микрофлоры погибает в процессе термической обработки сырья при варке и высушивании. Изучение численного состава микроорганизмов в рыбной муке влажностью 14 и 16 %, хранившихся в мешках из ткани при температуре 20° и 0 °С, показало, что максимальное развитие микрофлоры наблюдалось в основном на 10...20-е сутки хранения.

При сопоставлении данных химического анализа рыбной муки и микробиологических исследований отмечено, что наиболее заметное накопление продуктов распада белка и окисление жира рыбной муки следуют непосредственно за периодом максимального развития микрофлоры в рыбной муке. Если максимальное развитие микрофлоры наблюдалось на 20-е сутки, то накопление аммиака, а также повышение кислотного числа жира отмечены на 30-е сутки хранения. На образцах рыбной муки влажностью 8...12 % заметного развития микроорганизмов ни в одном опыте не наблюдалось.

Изучение влияния РГС на развитие микроорганизмов в рыбной муке показало, что при содержании 1 % кислорода за 180 суток развитие грибов подавляется почти полностью, а бактерий становится значительно меньше, что наглядно демонстрируют данные таблицы 45.

Таблица 45. **Изменение состава микрофлоры при хранении рыбной муки влажностью 8...11% в металлическом силосе с применением РГС и в складе** (по Е. И. Костровой)

Условия хранения	Продолжительность хранения, сутки	Микроорганизмы (тыс. на 1 г продукта)			
		жирная мука		нежирная мука	
		бактерий	грибов	бактерий	грибов
	Исходная	60	Нет	200, кокки	8
Силос, содержание кислорода 1 %	180	10, спорообразующие и кокки	»	16, кокки	6, стерильный мицелий
Склад (контроль)	180	100, кокки	12	180, спорообразующие и кокки	18
Силос, содержание кислорода 3 %	150	40, спорообразующие и кокки	Нет	40, спорообразующие и кокки	Нет
Склад (контроль)	150	10	6	300, спорообразующие и кокки	28

Результаты опыта показывают, что РГС оказывает заметное подавляющее действие на микрофлору рыбной муки (особенно на плесневые грибы) при ее продолжительном хранении (до шести месяцев).

В производственных условиях изучалось изменение состава микрофлоры мясо-костной муки влажностью 10 %. Исследовано также влияние РГС, содержащей 1 % кислорода, на микрофлору мясо-костной муки при

Таблица 46. Изменение состава микрофлоры мясо-костной муки влажностью 10% при хранении в РГС и обычных условиях
(по Е. И. Костровой, Г. Ф. Федоровой)

Продолжительность хранения, сутки	Содержание кислорода в РГС, %	Микроорганизмы (тыс. на 1 г продукта)	
		бактерий	грибов
0	21	2800, *Pseudomonas*, кокки	8, *Aspergillus* (разные виды)
	21	480, *Pseudomonas*, спорообразующие, кокки	160, *Aspergillus*
60	3	40, спорообразующие	20, стерильный мицелий
	1	240, *Pseudomonas*, спорообразующие	Нет
	21	400, *Pseudomonas*, спорообразующие, кокки	100, *Aspergillus*
120	3	44, спорообразующие	Нет
	1	40, спорообразующие	»
	21	200, *Pseudomonas*, спорообразующие	56, *Aspergillus*
180	3	6, спорообразующие	Нет
	1	Нет	»
	21	116, спорообразующие	10, *Aspergillus, Mucor, Rhizopus*
240	3	2, спорообразующие	Нет
	1	Нет	»

хранении (табл. 46). Для этой цели образцы мясо-костной муки хранили в металлических силосах, заполненных РГС, содержащей 1 и 3 % кислорода. Предельный срок хранения 240 суток.

В процессе исследований необходимо было установить предельные сроки выживаемости микрофлоры (бактерий и грибов) в контрольном образце и продукте, хранящемся в металлическом силосе.

Результаты исследований показали, что срок выживаемости спорообразующих палочек в мясо-костной муке влажностью не выше 10 % в контрольных образцах достиг 240 суток (предельно установленный срок хранения). При хранении в РГС срок выживаемости тех же бактерий не превышал 180 суток. Срок выживаемости неспорообразующих бактерий в указанных условиях был значительно ниже, чем спорообразующих.

Существующая практика хранения комбикормового сырья животного происхождения в складах напольного типа в упаковке и тем более без нее, как показывает опыт, не может обеспечить качественного хранения рыбной и мясо-костной муки без существенных количественных потерь. Поэтому совершенно необходима разработка рациональных способов и режимов хранения, обеспечивающих высокое качество, в наибольшей степени сохраняющих питательные вещества в рыбной и мясо-костной муке.

Оптимальными способами и режимами хранения можно назвать следующие:

хранение рыбной и мясо-костной муки с небольшим содержанием жира (до 10 %) влажностью 8...10 % в упаковке при создании постоянной пониженной температуры и относительной влажности воздуха в складе; в этом случае продукт должен быть обработан антиокислителем;

продолжительное хранение рыбной и мясо-костной муки в РГС.

Для эффективного хранения, обеспечивающего хорошее качество сырья с сохранением 95...98 % питательных веществ, ВЗИПП совместно с Министерствами заготовок Литовской ССР и РСФСР разработал сроки стойкого хранения сырья в различных условиях.

Сроки хранения нежирной и жирной рыбной муки, предлагаемые авторами (табл. 47), предусматривают сохранение исходного качества по перекисному числу жира и сырому протеину, так как этими показателями определяются качество жира и стоимость рыбной муки.

Как видно из таблицы 47, для нежирной рыбной муки различной влажности срок хранения в обычной атмосфере намного ниже срока хранения ее в РГС.

Для жирной рыбной муки наблюдается тот же эффект, что и для нежирной рыбной муки.

Условия стойкого хранения мясо-костной муки на основании работ Г. Ф. Федоровой, Т. И. Фетисовой, Е. И. Костровой и других определяются следующими параметрами (табл. 48).

Как видно из таблицы 48, для мясо-костной муки, обработанной антиокислителем сантохином, влажностью 10...12 % наибольший срок стойкого хранения

Таблица 47. Примерные сроки стойкого хранения нежирной и жирной рыбной муки при обычных условиях и в РГС, сутки

Влажность, %	С доступом воздуха				1 % кислорода		3 % кислорода	
	Температура, °С							
	−5	0	10	20	10	20	10	20
Нежирная рыбная мука								
8	40	30	20	10	250	200	230	180
10	30	25	20	Не подлежит	250	200	230	180
12	20	20	15	хранению	230		180	
Жирная рыбная мука								
8	30	25	Не подлежит		230	200	200	180
10	25	15	хранению		220	200	200	180
12	15	10			180	—	—	—
Жирная рыбная мука с сантохином (0,04%)								
8	40	30	25	20	—	—	—	—
10	35	25	20	15	—	—	—	—
12	30	20	15	10	—	—	—	—

Таблица 48. Примерные сроки стойкого хранения мясо-костной муки в обычных условиях, сутки

Влажность, %	При свободном доступе воздуха и температуре, С°							
	с антиокислителем сантохином (0,04 %)					без антиокислителя		
	−5	0	5	10	20	5	10	20
7	—	—	—	—	—	60	45	35
10	150	120	90	60	30	45	30	15
12	90	70	30	20		Не подлежит хранению		

150 суток при температуре —5 °С, а при температуре 20 °С срок стойкого хранения мясо-костной муки резко сокращается и составляет не более 30 суток для муки влажностью 10 %, при более высокой влажности хранить мясо-костную муку не рекомендуется.

Срок хранения мясо-костной муки, не обработанной антиокислителем, резко снижается при всех условиях. Продолжительность стойкого хранения мясо-костной муки может быть значительно увеличена при применении режимов, обеспечивающих РГС, содержащую небольшое количество кислорода при поддержании постоянной пониженной температуры в хранилище.

Таблица 49. **Примерные сроки стойкого хранения мясо-костной муки в РГС при различной температуре, сутки**

Влажность мясо-костной муки, %	РГС, содержащая					
	1 % кислорода			5 % кислорода		
	Температура, °С					
	5	10	20	5	10	20
7	240	200	180	240	200	180
10	180	180	150	180	150	120
14	120	120	90	100	80	60

Примерные сроки стойкого хранения мясо-костной муки в РГС при различных температурах представлены в таблице 49.

Данные таблицы 49 показывают, что в РГС, содержащей 1 и 5 % кислорода, при температурах 5, 10 °С мясо-костную муку можно хранить без ухудшения ее качества в течение 200...240 суток при влажности продукта 7 %.

С повышением температуры хранения и содержания кислорода в газовой среде сроки стойкого хранения снижаются.

КОНТРОЛЬ ЗА КАЧЕСТВОМ ПРОДУКТОВ ПРИ ХРАНЕНИИ

С момента поступления рыбной и мясо-костной муки на предприятие за качеством их должен быть установлен систематический контроль со стороны ПТЛ предприятия.

Из партий рыбной и мясо-костной муки, поступивших на предприятие, отбирают пробы с последующим анализом их по показателям, указанным в стандартах. Для определения качества жира, степени разложения белковых веществ рекомендуется анализировать сырье животного происхождения на содержание аммиака, а в жировой фракции определять кислотное число, перекисное число и реакцию на прогоркание жира.

При хранении рыбной и мясо-костной муки в каждом складе устанавливают термометры и гигрометры для определения температуры и относительной влажности воздуха.

При хранении муки в РГС осуществляют дистанционный контроль за температурой воздуха в складе.

Контроль за хранящейся рыбной и мясо-костной мукой ведется по вышеуказанным показателям.

При хранении муки в обычных условиях влажность, температуру и органолептические показатели определяют не реже одного раза в 10 суток; сырой протеин, аммиак, сырой жир, кислотное и перекисное числа жира, реакцию на прогоркание жира — один раз в месяц. Если рыбная и мясо-костная мука хранятся менее одного месяца, то эти показатели определяются лишь при приемке и отпуске продукта.

При хранении рыбной и мясо-костной муки в РГС необходимо один раз в два месяца определять ее качество.

Глава 5

ХРАНЕНИЕ БЕЛКОВО-ВИТАМИННЫХ ДОБАВОК И ПРЕМИКСОВ

БЕЛКОВО-ВИТАМИННЫЕ ДОБАВКИ (БВД)

Назначение, рецепты, ассортимент. Повышение питательности комбикормов — одна из главных задач комбикормовой промышленности. Очень важно при кормлении сельскохозяйственных животных обеспечить их достаточным количеством полноценного белка, так как от этого зависят продуктивность животных и рентабельность отрасли животноводства в целом. Установлено, что каждый процент недостающего белка в рационе животных приводит к перерасходу почти двух процентов корма.

Зерно хлебных злаков и продукты его переработки составляют главную часть комбикормов. Они богаты углеводами, но сравнительно бедны белком, не покрывают потребности животных в ряде незаменимых аминокислот, в отдельных витаминах и минеральных элементах.

Недостаток в комбикормах протеина и других вышеперечисленных веществ может быть восполнен с помощью белково-витаминных добавок (БВД).

БВД — это однородная смесь измельченных до необходимой крупности высокобелковых кормовых средств и микродобавок, используемая для приготовления ком-

бикормов. Микродобавки могут быть очень разнообразны. К ним относятся: микроэлементы, витамины, аминокислоты, ферментные препараты, антиоксиданты, лекарственные, вкусовые и ароматические вещества.

При производстве БВД используют и сырье минерального происхождения — мел, поваренную соль и некоторые другие источники макроэлементов.

БВД выпускают в рассыпном и гранулированном виде. При хранении и транспортировании рассыпных БВД их качество несколько ухудшается в результате самосортирования, частичной потери биологически активных веществ (микроэлементов, витаминов и др.) и распыливания. Гранулирование БВД устраняет эти недостатки. Перевозки гранулированных БВД обходятся дешевле, чем рассыпных, повышается степень механизации работ. При гранулировании возрастает объемная масса БВД, что увеличивает коэффициент использования транспортных средств и хранилищ.

БВД, выпускаемые специализированными предприятиями комбикормовой промышленности, используют главным образом в колхозах и совхозах для производства комбикормов на базе кормового зерна, имеющегося в этих хозяйствах. Это позволяет устранить дефицит протеина, витаминов и минеральных веществ в местных зерновых кормах и создавать для различных видов животных рационы, сбалансированные по всем элементам питания.

БВД вырабатывают для определенного вида, возраста и хозяйственного назначения животных по рецептам, составленным различными научно-исследовательскими учреждениями. При разработке рецептов учитывают потребность животных данной производственной группы в питательных веществах, физиологию пищеварения этих животных и птиц, а также возможность влияния БВД на качество готовой продукции. Предлагаемые научными учреждениями рецепты проходят производственную проверку и утверждаются Министерством сельского хозяйства СССР и Министерством заготовок СССР.

БВД вырабатывают по рецептам, утвержденным в установленном порядке, или по рецептам, рассчитанным на ЭВМ, с учетом ввода в них премиксов в следующем количестве (%): для птицы 4, для свиней 5, для крупного рогатого скота 5—7. При этом все необходимые микродобавки вводят в БВД в виде премикса.

В качестве примера приведем ряд рецептов.

Рецепт № 51-1БВД
(для поросят-отъемышей)

Компоненты, %	
Горох	20
Ячмень	15
Жмых подсолнечный	21
Жмых льняной	16
Дрожжи кормовые	10
Травяная мука	7
Пшеничные отруби	4
Мел	4
Соль	3
Итого	100

На 1 т БВД добавляют, г	
Биомицин	120
Железо сернокислое	200
Медь сернокислую	80
Цинк сернокислый	60
Кобальт сернокислый	20
Калий йодистый	2
Витамин А, млн. ИЕ	6
Витамин D_2, млн. ИЕ	4

Рецепт № 60-1БВД
(для дойных коров)

Компоненты, %	
Горох	46,2
Шрот хлопковый	39,0
Жмых подсолнечный	5,0
Карбамид с мелассой	7,0
Фосфат обесфторенный	1,8
Соль	1,0
Итого	100

На 1 т БВД добавляют, т	
Железо сернокислое	45
Медь сернокислую	54
Цинк сернокислый	9
Марганец сернокислый	45
Кобальт хлористый	7,2
Калий йодистый	3,0
Витамин D_2, млн. ИЕ	7,2
Протосубтилин ГЗХ	45

Рецепт № 1-15БВД
(для кур-несушек яйценоских линий)

Компоненты, %	
Жмых подсолнечный	24
Отруби	10
Гороховая мука	10,7
Рыбная мука	10
Дрожжи кормовые	12
Мясо-костная мука	12
Костная мука	6
Травяная мука	8
Ракушка, мел	6
Соль	1,3
Итого	100

На 1 т БВД добавляют, г	
Витамин А, млн. ИЕ	12
D_3 (видеин)	20
B_{12}	0,2
B_2	16
E	40
PP	60
B_3	40
Железо сернокислое	400
Марганец сернокислый	400
Медь сернокислую	40
Цинк сернокислый	40
Кобальт углекислый	40
Калий йодистый	12
Метионин	800

Как видно из рецептов, состав основных компонентов и микродобавок в БВД может быть различен. Так, например, очень сложны по составу и богаты по содержанию высокобелковых компонентов и биологически активных веществ БВД для птицы, в частности для кур-несушек.

Рецепты на БВД, как и на комбикорма, нумеруют двумя цифрами, первая означает вид и производственную группу животных и птицы, вторая — порядковый номер рецепта для данной группы. В конце номера ставится буквенный символ — «БВД».

БВД необходимо использовать только для той группы животных, для которой они предназначены; только в этом случае обеспечивается высокая эффективность их применения. На каждую партию БВД выдают качественное удостоверение, в котором указывают, для какой группы животных они предназначены, номер рецепта и номер стандарта, требованиям которого должна удовлетворять данная партия. Целесообразно использовать цветные бланки для качественных удостоверений (для каждой группы животных — бланк определенного цвета).

Норма ввода БВД в рацион животных зависит от состава и питательности зерновой смеси, вида, возраста и хозяйственного назначения животных. При изготовлении комбикормов на основе зерновых смесей рекомендуется вводить в них от 15 до 25 % БВД.

Производство БВД начато в нашей стране сравнительно недавно, но развивается быстрыми темпами. Вопросы правильного хранения БВД приобретают все большее значение. Эффективность использования БВД при производстве комбикормов в большой мере зависит от того, насколько полно в них были сохранены белки, незаменимые аминокислоты, витамины и другие биологически активные вещества.

Химический состав, физические свойства БВД. Изменения в качестве БВД при хранении в значительной степени зависят от их химического состава и физических свойств. Химический состав и физические свойства БВД, в свою очередь, определяются тем, какие виды сырья и в каком соотношении были использованы при их изготовлении.

Химический состав БВД. Согласно утвержденным рецептам, в состав БВД входят от 7 до 17

различных компонентов, в том числе от 4 до 9 видов сырья растительного, животного и минерального происхождения и от 3 до 10 различных микродобавок. Используют БВД и со значительно более сложным составом. Обычно основными компонентами БВД являются шрот, жмых, отруби, зерно бобовых культур, рыбная, мясо-костная и травяная мука, кормовые дрожжи. Белковые вещества этих продуктов в отличие от зерна злаковых представлены в основном глобулинами и альбуминами, т. е. относятся к полноценным белкам.

В наибольшем количестве (от 50 до 90 %) в состав БВД входят компоненты растительного происхождения. Они служат наиболее дешевым источником белка, обладают хорошей сыпучестью, но уступают животным кормам по содержанию незаменимых аминокислот. Как известно, биологическая роль этих аминокислот определяется тем, что они входят в состав всех важнейших белков в организме животных, но в нем не синтезируются и другими аминокислотами не заменяются. Следовательно, незаменимые аминокислоты должны поступать в организм животного в готовом виде вместе с кормом в количестве, соответствующем потребностям животного. Недостаток в рационе одной или нескольких незаменимых аминокислот отрицательно влияет на состояние животных — молодняк перестает расти и плохо развивается, взрослые животные плохо едят корм, теряют в массе, восприимчивы к различным заболеваниям.

Источником незаменимых аминокислот для животных служат в основном белки корма. В свободном состоянии незаменимые аминокислоты содержатся в кормах в очень небольшом количестве. Белки зерна кормовых культур не покрывают потребностей животных в незаменимых аминокислотах, особенно в лизине, триптофане, метионине. При производстве комбикормов на основе кормового зерна БВД должны обеспечивать в них достаточный уровень протеина и весь набор жизненно необходимых аминокислот. Это достигается как химическим составом сырья, используемого в производстве БВД, так и введением в БВД препаратов незаменимых аминокислот.

При составлении рецептов БВД предусматривают определенное содержание в них лизина, триптофана, метионина и цистина. Лизин — самая дефицитная аминокислота в рационах свиней, птицы и даже жвачных жи-

вотных. Наиболее богаты лизином корма животного происхождения, особенно рыбная, кровяная, мясо-костная мука и др. Путем микробиологического синтеза получают кормовой лизин, который используют для обогащения комбикормов и БВД.

Метионин относится к группе серусодержащих аминокислот и частично может быть заменен в рационах животных другой серусодержащей аминокислотой — цистином. Метионин получают путем синтеза и добавляют в комбикорма и БВД.

В таблице 50 приведены данные о содержании сырого протеина и незаменимых аминокислот в БВД для поросят-отъемышей и мясного откорма свиней, в комбикормах-концентратах для этих же групп животных и в основных видах комбикормового сырья.

Таблица 50. **Содержание сырого протеина и незаменимых аминокислот в 1 кг БВД, комбикормов-концентратов и основных видов сырья, г** *

БВД, комбикорм, сырье	Сырой протеин	Лизин	Триптофан	Метионин	Цистин
БВД для поросят-отъемышей	301...338	15,5...18,4	2,4...5,2	5,2...6,8	3,7...4,7
Комбикорм для поросят-отъемышей	159...255	8,2...12,2	1,8...3,7	6,7...6,8	2,3
БВД для мясного откорма свиней	330...343	22,4...29,7	4,3...4,4	5,9	3,5
Комбикорм для мясного откорма свиней	147...177	6,5...11,7	1,6...4,2	2,5...6,0	1,8...4,4
БВД для дойных коров	479	—	—	—	—
Комбикорм для дойных коров	184...190	—	—	—	—
Кукуруза-зерно	93	2,9	0,8	1,9	1,0
Овес	107	3,6	1,4	1,6	1,6
Ячмень	116	4,4	1,6	1,8	1,8
Отруби пшеничные	155	5,7	1,9	1,9	2,2
Горох	222	14,8	1,8	3,2	2,5
Шрот подсолнечный	420	13,8	5,8	10,0	6,3
Дрожжи гидролизные	470	35,3	2,8	9,4	6,6
Мясо-костная мука (1-й сорт)	516	27,8	4,1	7,7	3,6
Рыбная мука обезжиренная	615	54,7	6,2	17,8	1,7
Травяная мука клеверная	160	8,9	—	1,4	—

* Рецепты комбикормов и инструкция по их применению. — М., 1972.

БВД, удовлетворяющие требованиям стандарта, содержат протеина в 2,5...3 раза больше, чем кормовое зерно, а по содержанию незаменимых аминокислот это различие еще значительнее. По этим показателям БВД превосходят также отруби пшеничные, зерно гороха и комбикорма, но значительно уступают таким высокобелковым продуктам, как шроты, дрожжи кормовые, мясо-костная и рыбная мука. Именно в результате использования этих видов сырья в БВД достигается высокое содержание полноценного протеина. В зависимости от того, для какой группы животных предназначены БВД, в их состав входят 5...15 % рыбной муки, 8...12 % мясо-костной муки, 5...25 % кормовых дрожжей.

В процессе гранулирования фракционный состав белков и содержание незаменимых аминокислот в БВД несколько меняется: снижаются количество водо- и солерастворимых фракций белка при одновременном увеличении щелочерастворимой фракции (табл. 51). Это можно объяснить частичным растворением в щелочи слабо денатурированных водо- и солерастворимых белков. Как видно из таблицы, в процессе гранулирования увеличилось содержание в БВД белков нерастворимого остатка. Снижение растворимости указывает на денатурационные изменения белка, по-видимому, вызванные действием тепла, влаги и механического давления. Отмечено также небольшое снижение содержания незаменимых

Таблица 51. **Влияние процесса гранулирования на фракционный состав белков и содержание незаменимых аминокислот в БВД** (по Е. Я. Челноковой)

Показатели	Рецепт ВР 55-12		Рецепт 57-10	
	до гранулирования (контроль)	после гранулирования	до гранулирования (контроль)	после гранулирования
Фракция белка, % к общему белку:				
водорастворимая	24,56	23,20	32,17	30,16
солерастворимая	17,80	13,82	20,03	12,41
щелочерастворимая	27,61	29,48	25,88	35,10
Белки нерастворимого остатка, %	30,03	33,50	21,92	22,33
Сумма незаменимых аминокислот	2,71	2,51	2,66	2,41

аминокислот (лизина, триптофана, метионина и цистина).

Содержание в БВД безазотистых экстрактивных веществ, представленных в основном углеводами, обратно пропорционально содержанию в них протеина. Количество клетчатки в БВД составляет около 7...9 % и нормируется стандартом. В зависимости от рецепта в состав БВД входят в различном количестве крахмал, декстриноподобные углеводы, сахароза, мальтоза, глюкоза и другие углеводы.

По данным Е. Я. Челноковой (1976), процесс гранулирования влияет на содержание в БВД отдельных углеводов. Так, количество сахарозы и рафинозы уменьшается, а количество моносахаридов (глюкозы, фруктозы, галактозы) и мальтозы увеличивается. Повышение содержания моносахаридов и мальтозы можно объяснить процессами частичного гидролиза сахарозы, рафинозы и высокомолекулярных полисахаридов (крахмала и др.).

Происходящие во время гранулирования клейстеризация крахмала и расщепление его до растворимых полисахаридов и простых сахаров повышают усвояемость БВД, укрепляют их структуру и увеличивают прочность гранул. Последнее имеет значение для уменьшения крошимости гранул.

Содержание жира в БВД обычно колеблется в пределах 4...5 %. Жиры, входящие в состав БВД, содержат преимущественно ненасыщенные жирные кислоты (олеиновую, линолевую и др.).

Полиненасыщенные жирные кислоты с двумя, тремя и более двойными связями играют важную физиологическую роль в организме и являются жизненно необходимыми веществами. К ним относятся линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты. Источником линолевой и линоленовой кислот в БВД служит в основном сырье растительного происхождения (отруби, жмыхи и др.). Арахидоновая кислота, обладающая наибольшей биологической активностью, содержится в кормах в очень незначительном количестве и синтезируется в организме животного главным образом из линолевой кислоты. Высоким содержанием арахидоновой кислоты отличается только рыбий жир.

Ограничительные нормы, которым должны удовлетворять БВД по химическому составу, приведены ниже:

Влажность (не более), %:	
рассыпных	14,0
гранулированных	14,5
Содержание сырого протеина (не менее), %	30,0
Содержание сырой клетчатки, (не более), %:	
для птицы	7,0
для свиней	9,0
для остальных видов животных	Не нормируется

В таблице 52 представлены результаты химического анализа БВД, предназначенных для различных групп сельскохозяйственных животных.

Таблица 52. **Химический состав БВД, %** (по Л. А. Гелашвили)

№ рецепта	Влажность	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	Сырая зола	Безазотистые экстрактивные вещества	Кальций
51-4 (для поросят-отъемышей)	8,2	34,2	6,26	4,64	9,76	36,94	2,07
51-5	8,1	32,0	8,92	4,73	10,50	35,75	1,54
51-6 (для мясного откорма свиней)	7,8	32,8	6,64	3,87	11,70	37,19	1,85
55-1	8,2	38,1	6,91	4,34	6,97	35,48	0,97
55-2	7,1	32,1	9,26	3,28	16,40	31,86	2,54
60-1 (для дойных коров)	8,0	41,3	7,57	2,56	—	—	0,95

Из приведенных данных видно, что БВД отличается от большинства зерновых кормов и комбикормов значительно более высоким содержанием белка и повышенным содержанием жира, что отрицательно сказывается на их стойкости при хранении. Благодаря наличию всех необходимых элементов питания БВД при достаточной влажности являются отличным субстратом для развития микроорганизмов.

Очень важно, чтобы введение БВД в состав кормовой смеси обеспечивало в полученном комбикорме необходимое содержание витаминов. БВД обогащают витаминными препаратами, так как природные витамины, имеющиеся в кормовых компонентах, не могут обеспечить достаточно высокую эффективность БВД.

В состав БВД в зависимости от назначения их для той или иной группы животных и птицы вводят стабили-

зированные препараты витамина А и витамина Е (α-токоферолацетат), витамин D_2 в виде облученных дрожжей, порошкообразный концентрат витамина D_3 (видеин), синтетический препарат витамина К (викасол) и витамины группы В.

Из витаминов группы В используют в виде препаратов химического и микробиологического синтеза следующие: витамин B_1 — тиамин, B_2 — рибофлавин, B_3 — пантотеновую кислоту, B_4 — холинхлорид, B_5 — никотиновую кислоту, B_6 — пиридоксин, B_{12} — цианокобаламин, B_c — фолиевую кислоту. Необходимо строго соблюдать предусмотренные техническими условиями правила хранения витаминных препаратов, предназначенных для ввода в БВД (герметичность упаковки, допустимый срок хранения и др.). В противном случае возможно снижение витаминной активности препарата еще до введения его в состав добавки. При хранении кормовых продуктов витамины постепенно разрушаются, хотя одни из них обладают бóльшей, другие — меньшей устойчивостью. Обычно естественные витамины, входящие в состав продуктов, более стойки, чем синтетические. Разрушающе действуют на витамины высокие или повышенные температуры, кислород воздуха и другие окислители, свет, некоторые минеральные элементы. Наибольшее влияние на сохранность витаминов в БВД оказывают температура, кислород воздуха, а также соли микроэлементов (особенно меди, йода). Некоторые из них, вступая во взаимодействие с витаминами, вызывают их разрушение. При этом очень важно отметить, что интенсивность процессов, вызывающих потери витаминов, в большой степени зависит от влажности БВД.

Борьба с потерями витаминной активности — одна из главных задач при хранении БВД. Решение этой задачи требует двухстороннего подхода: во-первых, повышения стойкости витаминов, используемых для обогащения, и, во-вторых, создания рациональных режимов и способов хранения БВД. Сохранность витаминов повышается при использовании стабилизированных витаминных препаратов, т. е. таких, в которых частицы препарата покрыты путем микрокапсулирования и микрогранулирования защитной пленкой и таким образом изолированы от неблагоприятных факторов внешней среды. Эффективно также включение в состав БВД антиокислителей, препятствующих разрушению витаминов, — сантохина, ди-

лудина и др. Однако этих мероприятий недостаточно, чтобы предохранить витамины от разрушения при сколько-нибудь продолжительном хранении БВД в производственных условиях. Поэтому режимы и способы хранения БВД должны максимально снижать отрицательное влияние внешней среды на витамины.

Минеральные вещества играют очень важную роль в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. В БВД содержатся и макроэлементы (фосфор, кальций, натрий, калий, магний, сера, хлор) и многочисленные микроэлементы (медь, цинк, кобальт, марганец и др.). Часть названных элементов попадает в БВД, находясь в составе основных видов сырья, а часть вводится дополнительно. Основные корма, и особенно зерновые, бедны натрием и хлором, недостаточно содержат кальция, а потребность животных в этих элементах велика. Чтобы компенсировать недостаток указанных элементов, в БВД вводят хлористый натрий (поваренную соль) и углекислый кальций (мел). Для различных групп животных в состав БВД вводят от 1 до 3 % поваренной соли и от 2 до 6 % мела. Мясо-костная и особенно костная мука богаты фосфором и кальцием. В качестве источника фосфора и кальция используют также обесфторенный фосфат. Калий находится в достаточном количестве в кормах, особенно в зерновых, и поэтому не требуется дополнительно вводить его в БВД. В таблице 53 приведены данные о содержании макроэлементов в БВД и основных видах комбикормового сырья.

Микроэлементы вводят в состав БВД в виде сернокислых и углекислых солей железа, меди, цинка, кобальта и др. Минеральные вещества — наиболее стабильная часть БВД, но они могут оказывать влияние на изменение их качества при хранении. Так, соль очень гигроскопична и, следовательно, может влиять на влажность БВД. Высокой гигроскопичностью обладают также сернокислые и хлористые соли микроэлементов. Кроме того, соли микроэлементов могут отрицательно влиять на сохранность витаминов в БВД.

Физические свойства БВД. Рациональное хранение и использование БВД требуют знания их физических свойств. БВД — это сыпучий продукт, представляющий собой смесь самых разнообразных компонентов, имеющих различную крупность, влажность, структуру, плотность и т. д. От качества и соотношения

Таблица 53. **Содержание макроэлементов в 1 кг БВД и различных видов комбикормового сырья, г***

БВД, сырье	Кальций	Фосфор	Натрий	Хлор
БВД для:				
поросят-отъемышей	19,4...34,4	10,6...18,5	3...9	5,7...17,1
ремонтного молодняка и свиней в возрасте 4...8 месяцев	29,7...34,5	9,8...25,0	12	22,8
мясного откорма свиней	27,7...28,4	6,8...22,5	12	22,8
дойных коров	8,6	10,0	3	5,7
Зерно овса	1,15	4,42	0,73	—
» ячменя	0,86	5,43	0,4	—
» кукурузы	0,22	3,79	0,28	—
» пшеницы	0,59	4,79	1,59	—
Горох	1,7	3,7	0,7	—
Отруби пшеничные	1,62	9,36	0,88	—
Шрот подсолнечный	3,35	10,6	1,83	—
Травяная мука	21,6	3,5	0,79	—
Мясо-костная мука	64,95	34,32	8,84	—
Костная мука	264,5	142,2	—	—
Рыбная мука	7,6	37,6	10,7	—
Дрожжи гидролизные кормовые	1,7	3,7	0,7	—

* Рецепты комбикормов и инструкция по их применению. — М., 1972.

этих компонентов зависят объемная масса, скважистость, сыпучесть, гигроскопичность и другие физические свойства БВД. Крупность рассыпных и гранулированных БВД, а также прочность гранул нормируются стандартом.

Крупность рассыпных БВД:	
остаток на сите с отверстиями ⌀5 мм	Не допускается
остаток на сите с отверстиями ⌀3 мм (не более), %	10,0
Крупность гранулированных БВД:	
диаметр гранул, мм . . .	От 4,7 до 12,7
длина гранул	Не более двух диаметров
Проход через сито с отверстиями ⌀2 мм (не более), %:	
для гранул ⌀ от 4,7 до 7,7 мм	5,0
для гранул ⌀ свыше 7,7 мм	10,0
Крошимость (не более), %:	
для гранул ⌀ от 4,7 до 7,7 мм	10,0
для гранул ⌀ свыше 7,7 мм .	22,0

В таблице 54 показаны физические свойства рассыпных БВД.

Таблица 54. **Физические свойства рассыпных БВД** (по Л. А. Гелашвили)

№ рецепта, назначение	Влажность, %	Объемная масса, г/л	Скважистость, %	Угол естественного откоса, град
Для кур-несушек				
1-15	10,1	490	50	40,5
Для поросят-отъемышей:				
51-4	9,6	470	52	41,5
51-5	9,4	414	58	43,5
51-6	10,2	435	56	41,5
Для мясного откорма свиней:				
55-1	9,8	620	38	41,5
55-2	9,4	550	44	39,7
Для ремонтного молодняка свиней:				
57-1Д	9,8	482	52	38,7

Объемная масса большинства исследованных образцов рассыпных БВД разных рецептов составляет не менее 500 г/л (414...490 г/л), хотя у отдельных образцов она достигала 620...627 г/л. Такие колебания в величинах объемной массы объясняются тем, что в БВД различных рецептов содержатся в неодинаковом количестве компоненты с высокой и низкой объемной массой, причем колебания по этому показателю могут быть очень значительны. Так, например, объемная масса отрубей составляет около 350 г/л, травяной муки — 219... 300, гороховой муки — 620...715, рыбной муки — 564... 620, поваренной соли — 1121...1182, обесфторенного фосфата — 1469 г/л и т. д.

По величине объемной массы рассыпные БВД значительно уступают таким зерновым кормам, как пшеница, рожь, ячмень, кукуруза. Гранулирование увеличивает объемную массу БВД.

Скважистость и сыпучесть — это свойства, присущие всем мелкодисперсным продуктам, в том числе БВД. Величина скважистости и степень сыпучести БВД зависят от количественного соотношения и физико-механических свойств их компонентов — размеров, формы и структуры частиц, влажности и других факторов.

Скважистость БВД различного состава колеблется от 38 до 58 %. По общей величине она близка к скважистости зерновых масс, но по своей мелкопористой структуре подобна скважистости муки, отрубей и других мелкодисперсных продуктов. Такой характер скважистости уменьшает газопроницаемость и газообмен в насыпи, затрудняет проникновение в нее насекомых-вредителей. По величине и характеру скважистости БВД сходны с комбикормами.

Сыпучесть — одно из основных физических свойств БВД, так как от нее зависят правильность дозирования и равномерность смешивания при включении добавок в состав комбикорма.

Угол естественного откоса БВД различного назначения и разных рецептов колеблется от 39 до 44°. БВД менее сыпучи, чем зерно пшеницы, ржи, ячменя, кукурузы, и по степени сыпучести близки к комбикормам. Исследования физико-механических свойств БВД (В. Э. Перельман и др., 1970) показали, что при влажности 8,4...9,7 % они обладают достаточно хорошей сыпучестью.

Гигроскопичность играет очень важную роль при хранении БВД и их компонентов. От степени гигроскопичности зависит изменение влажности продукта, а следовательно, и его стойкость при хранении.

Сорбционные свойства БВД обусловлены как количественным соотношением компонентов, входящих в их состав, так и качественными их особенностями — химическим составом, степенью измельчения, анатомическим строением частиц и т. д.

В таблице 55 представлены результаты определения равновесной влажности БВД и отдельных видов сырья (Л. А. Гелашвили, М. Г. Голик).

Анализ полученных данных показывает, что величины равновесной влажности БВД и отдельных видов сырья довольно существенно различаются при одних и тех же условиях хранения. При невысокой относительной влажности воздуха (до 70 %) незерновое сырье (мясо-костная мука, рыбная мука, кормовые дрожжи, шрот подсолнечный, травяная мука) имеет более низкую равновесную влажность, чем зерно пшеницы или пшеничные отруби. При этом равновесная влажность БВД выше, чем у перечисленных видов незернового сырья, но ниже, чем у отрубей и зерна. При относитель-

Таблица 55. **Равновесная влажность БВД и важнейших компонентов при различной относительной влажности воздуха и температуре 23...25 °С, %**

БВД, компоненты	Исходная влажность, %	Равновесная влажность при относительной влажности воздуха						
		40	50	60	70	80	90	100
БВД для молодняка свиней (57-1Д)	7,9	7,3	9,2	11,6	14,2	18,0	27,3	56,1
Мясо-костная мука	6,7	4,9	5,8	6,8	8,4	11,0	16,8	45,7
Рыбная мука	8,0	6,5	7,2	8,0	9,6	11,6	16,2	23,5
Дрожжи кормовые	9,0	6,1	7,6	9,3	11,4	14,8	23,0	33,3
Шрот подсолнечный	7,5	7,2	8,6	10,0	12,2	15,5	19,9	43,0
Травяная мука	7,0	7,3	9,0	10,8	13,0	17,3	23,8	29,7
Отруби пшеничные	12,7	10,0	11,0	12,4	14,6	17,0	21,7	28,7
Пшеница	12,4	10,4	11,2	12,2	13,8	15,9	19,4	23,0

ной влажности воздуха 70 % равновесная влажность БВД составляла 14,2 %, т. е. уже превышала норму, установленную стандартом (14 %).

Увеличение относительной влажности воздуха выше 70 % сопровождается довольно резким увеличением равновесной влажности незернового сырья, которая приближается к влажности зерна и отрубей, а затем и превышает ее (травяная мука, кормовые дрожжи). Равновесная влажность БВД при этом быстро возрастает, превышая величины равновесной влажности всех исследованных видов сырья.

Следует отметить, что для БВД и их компонентов, так же как и для зерна, характерна неравномерность увеличения влажности при влагообмене, протекающем между ними и воздухом различной влагонасыщенности. Резкое, скачкообразное повышение равновесной влажности происходит при относительной влажности воздуха 80, 90 и 100 %. Так, равновесная влажность БВД рецепта 57-1Д при влажности воздуха 80 % составляла 18 %, при 90 % — 27,3, а при 100 % — 56,1 %.

При хранении БВД и их компонентов большое значение имеет не только величина равновесной влажности, но и скорость сорбции и десорбции парообразной влаги при различной относительной влажности воздуха. Проведенные исследования показали, что БВД и различные виды сырья обладают различной сорбционной способностью.

В таблице 56 приведены данные о среднесуточном приросте влаги в БВД и в сырье при относительной влажности воздуха 80, 90 и 100 %. Из этих данных видно, что самой высокой сорбционной способностью обладали БВД.

Таблица 56. **Сорбция влаги в БВД и различных видах сырья за 24 ч, % к исходной величине**

БВД, компонент	Относительная влажность воздуха, %		
	80	90	100
БВД для молодняка свиней	4,40	8,73	12,53
Мясо-костная мука	2,84	5,60	7,64
Рыбная мука	2,33	6,12	7,56
Дрожжи кормовые	3,70	7,70	10,45
Шрот подсолнечный	3,82	6,22	8,79
Травяная мука	5,69	8,04	10,86
Отруби пшеничные	3,07	5,20	7,48
Пшеница размолотая	2,82	4,59	6,04

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА КАЧЕСТВО БВД ПРИ ХРАНЕНИИ

Во ВНИИЗ были проведены исследования (Н. К. Флоренская и др.) по хранению БВД в различных климатических условиях — в Москве, Молдавии, Грузии и Эстонии. Исследования показали, что при всех вариантах опыта увеличивалось кислотное число жира, а содержание витаминов снижалось. После двухмесячного хранения опытных партий потери рибофлавина составили 30...33 %, а в партиях, содержащих йодистый калий, они достигали 56 %. Меньше разрушался витамин PP — его потери за двухмесячный срок составили 13... 20 %. Более детально было изучено влияние влажности и температуры на качество БВД для молодняка свиней (Л. А. Гелашвили, Н. Я. Феста, 1970). Образцы БВД хранили при влажности 8, 9, 10, 11, 12 и 13 % и температуре — 5, +5, 10, 18 и 25 °С.

Наблюдения показали, что при хранении БВД при пониженных температурах (—5, +5 и 10 °С) в течение шести месяцев не появились внешние признаки ухудшения качества образцов. При температурах 18 и 25 °С такие признаки появились при различных сроках хране-

ния, зависевших от влажности продукта: наблюдалось уменьшение сыпучести, ослабление специфического для БВД запаха, появление плесени.

Следует отметить, что органолептически определять начало порчи БВД довольно трудно, так как в это время в них не возникает достаточно характерных и легко определяемых изменений внешнего вида и запаха, как, например, при хранении зерна. Тем не менее опыты показали, что при температуре 18 °С и влажности от 8 до 10 % признаки ухудшения качества, определяемые органолептически, появились после 120...140 дней хранения, а при влажности от 11 до 13 % — после 100...109 дней. При температуре 25 °С эти сроки соответственно составили 95...100 дней и 84...92 дня хранения. Определение химического состава показало, что содержание сырого и водорастворимого протеина в БВД при всех вышеперечисленных параметрах хранения почти не изменялось; содержание аммиака колебалось в пределах до 70,0 мг% при исходном содержании 67,6 мг%. Эти величины значительно превышают содержание аммиака в доброкачественном зерне, но близки к данным, характеризующим содержание аммиака в кормовых продуктах животного происхождения.

Следует иметь в виду, что содержание аммиака в продукте может не только увеличиваться в результате распада белковых веществ, но и уменьшаться вследствие его улетучивания при хранении.

При температуре 25 °С и влажности БВД 13 % отмечено некоторое снижение количества сырого жира — с 3,72 до 3,54 %, но наиболее существенные изменения происходят в качестве жира (табл. 57). С повышением влажности и температуры БВД кислотное число жира, характеризующее степень его гидролиза, возрастает. Наименьшее увеличение кислотного числа — с 98,3 до 107 мг КОН, т. е. на 8,85 %, наблюдалось у БВД влажностью 8 % за 180 дней хранения при температуре — 5 °С; наибольшее — с 98,3 до 128,7 мг КОН, т. е. на 30,9 %, было отмечено у БВД влажностью 13 % после 84 дней хранения при температуре 25 °С. При этом увеличение влажности оказывает большее влияние на интенсивность гидролиза жира, чем повышение температуры.

Хранение БВД различной влажности и температуры сопровождалось ростом перекисного числа жира. Уве-

Таблица 57. **Изменение химических показателей качества жира в БВД влажностью 8 и 13% при различной температуре хранения** (по Л. А. Гелашвили и Н. Я. Феста)

Температура, °С	Срок хранения, сут.	Кислотное число, мг КОН		Перекисное число, % йода		Число омыления, мг КОН		Йодное число, г йода	
		8 %	13 %	8 %	13 %	8 %	13 %	8 %	13 %
Исходные данные			98,3		0,180		142,0		62,4
—5	180	107,0	119,1	0,360	0,410	190,2	212,6	62,0	61,8
5	180	108,6	122,8	0,375	0,446	199,2	215,9	61,7	62,2
10	180	109,5	121,7	0,397	0,427	203,3	216,0	60,0	62,2
18	140	112,8	—	0,351	—	195,0	—	54,6	—
18	100	—	126,8	—	0,461	—	198,7	—	57,4
25	100	113,0	—	—	—	165,7	—	61,8	—
25	84	—	128,7	—	—	—	178,1	—	62,3

личение количества перекисных веществ в продукте указывает на начало порчи жира и возможность дальнейшего ухудшения его качества (прогоркание), связанного с последующим развитием окислительных процессов.

За 100 дней хранения БВД влажностью 13 % при температуре 18 °С перекисное число жира возросло с 0,180 до 0,461 % йода. И в этом случае изменение влажности БВД в бóльшей степени влияло на величину перекисного числа, чем изменение температуры. Удлинение срока хранения БВД сопровождалось увеличением и числа омыления жира. Наибольшей величины (216 мг КОН) число омыления жира достигло в образцах БВД влажностью 13 % за 180 дней хранения при температуре 10 °С; при хранении БВД такой же влажности в течение 84 дней при температуре 25 °С число омыления жира составляло 178,1 мг КОН. Число омыления увеличивается вследствие окисления жира, сопровождающегося накоплением низкомолекулярных жирных кислот. Йодное число жира мало изменяется в процессе хранения БВД, однако оно несколько снижается, что указывает на постепенное окисление ненасыщенных жирных кислот.

Микробиологические исследования показали (Л. А. Гелашвили, Е. И. Кострова), что при хранении образцов БВД влажностью 8; 9; 10 и 11 % численность бактерий и грибов постепенно снижается; нередко наблюдается полное отмирание микроорганизмов, особенно при низ-

ких температурах хранения. Только в образцах влажностью 12 и 13 % при температуре 25 °С число плесневых грибов к концу хранения возрастало в среднем в 2 раза по сравнению с исходным, что сопровождалось ухудшением качества исследуемых образцов.

Наряду с лабораторными опытами было проведено исследование численности микрофлоры в образцах БВД влажностью 10; 12; 13; 14 и 15 % при хранении их в складе в течение трех месяцев (сентябрь—ноябрь) при естественно изменяющейся температуре. Результаты исследований представлены в таблице 58.

Таблица 58. **Изменение количества и группового состава микроорганизмов при хранении БВД в складах** (температура 7...25 °С) (по Л. А. Гелашвили)

Срок хранения, сутки	Количество микроорганизмов (тыс. в 1 г) при влажности БВД, %									
	10		12		13		14		15	
	бактерий	грибов	бактерий	грибов	бактерий	грибов	бактерий	грибов	бактерий	грибов
Исходное	230	5	550	4	500	6	300	10	360	11
14	16	4	300	6	400	6	315	10	560	22
30	18	4	30	7	120	12	480	36	—	—
60	12	2	20	11	—	—	612	44	720	60
90	9	22	33	12	128	16	1000	65	1300	66

Из таблицы 58 следует, что при влажности 10 % к концу хранения число микроорганизмов по сравнению с исходным значительно снизилось; при влажности 12 и 13 % число бактерий также уменьшилось, но заметно увеличилось число грибов. При влажности 14 и 15 % к концу хранения возросла численность и бактерий и грибов. При этом качество БВД также ухудшилось (гифы плесени, комкование, уменьшение сыпучести). Напомним, что, согласно требованиям стандарта, влажность рассыпных БВД не должна превышать 14 %, а гранулированных — 14,5 %.

Видовой состав микрофлоры БВД мало отличается от состава микрофлоры комбикормов. Бактерии представлены в основном бесспоровыми палочками типа *Pseudomonas*, часто встречаются разнообразные кокки и реже спорообразующие бактерии типа *Bacillus*. Среди грибов преобладали виды *Penicillium, Aspergillus, Mucor*.

Хранение БВД при температуре 10 °С сопровождалось значительным развитием дрожжеподобных грибов.

Биологическая проверка на кроликах показала наличие признаков слабой токсичности в образцах БВД влажностью от 10 до 13 % после хранения при температуре 25 °С в течение 84...92 суток.

СРОКИ И СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ БВД

При хранении в хозяйствах или на комбикормовых заводах БВД могут увлажняться, так как обладают значительной гигроскопичностью. Температурные условия в практике хранения также бывают очень различны. Возможны и довольно длительные сроки хранения БВД, в частности при досрочном завозе в районы Крайнего Севера и Дальнего Востока.

Стандартом установлен допустимый срок хранения БВД с момента выработки продукции: для рассыпных БВД два месяца, для гранулированных — три месяца. При хранении свыше установленного срока БВД необходимо не реже одного раза в месяц проверять на токсичность. Для этого приготовляют эфирный экстракт из исследуемого кормового продукта и наносят его на кожу кролика. Эфирные экстракты из токсических кормов вызывают на коже кролика воспалительную реакцию, по характеру и глубине которой можно судить о степени токсичности исследуемого корма. При ускоренном методе токсичность корма определяют на аквариумных рыбках гуппиях.

БВД хранят в упаковке или насыпью в складах или силосах (гранулированные БВД), удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к хранилищам для комбикормов и их компонентов. Хранилища должны быть чистые, сухие и обеспечивать защиту хранящихся в них продуктов от атмосферных осадков и различных вредителей хлебных запасов.

БВД упаковывают в мешки из крафт-бумаги или тканевые, которые должны быть целыми, чистыми, без посторонних запасов, не зараженными насекомыми и клещами. В хранилище не допускается смешивать БВД, изготовленные по разным рецептам. Не разрешается хранить БВД в одном складе с сырьем или другими видами готовой продукции, если склад не имеет отдельных секций или перегородок.

Мешки с БВД укладывают отдельно по каждому рецепту. Штабель должен иметь прямоугольную форму, однако начиная с десятого ряда мешки укладывают пирамидообразно.

Рекомендуется различная высота штабеля в зависимости от времени года: в теплое время при температуре воздуха 10 °С и выше допускается не более 8...10 рядов мешков в штабеле, а в холодное время, при температуре воздуха ниже 10 °С, — не более 13...14 рядов. Контроль за качеством и состоянием БВД устанавливают с момента их поступления в хранилище.

Необходимо систематически определять температуру, влажность, запах и зараженность БВД вредителями, а также вести наблюдения за температурой и относительной влажностью воздуха в хранилище. Температуру БВД проверяют в разных местах штабеля: внизу (на уровне 30...50 см от пола), в середине и вверху (30... 75 см от верха штабеля). Периодичность контроля за температурой БВД следующая: при температуре БВД ниже 0 °С — один раз в 15 дней; от 0 до 20 °С — не реже одного раза в семь дней; выше 20 °С — один раз в три дня.

Влажность БВД определяют не реже одного раза в 15 дней. Изменение влажности БВД и ухудшение их качества наиболее возможны весной и осенью при высокой относительной влажности воздуха. Поэтому в этот период контроль за качеством БВД должен быть усилен. Следует также в процессе хранения и по окончании определять состав микрофлоры в БВД и сохранность в них витаминов А, B_2, B_{12} и каротина. Это позволит проверить доброкачественность и биологическую ценность добавок к моменту их использования.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ БВД ПРИ ХРАНЕНИИ

Применяемые способы хранения БВД не обеспечивают их достаточно полную сохранность: разрушается часть витаминов, происходят гидролиз и окисление жира, может развиваться нежелательная микрофлора и т. д. Поэтому изучение факторов, влияющих на качество БВД при хранении, и разработка способов повышения их стойкости имеют большое практическое значение.

Влияние вида упаковки на качество БВД при хранении. Для хранения и транспортирования БВД используют два вида упаковки — мешки из крафт-бумаги и тканевые. В последние годы благодаря успехам химической промышленности получили широкое распространение различные виды полиэтиленовой упаковки. Мешки и пакеты из полиэтиленовой пленки используют для упаковки различных продуктов питания, товаров широкого потребления, химических удобрений, реактивов, ряда лекарственных препаратов и т. д.

Главное преимущество полиэтиленовой упаковки перед бумажной и матерчатой — ее низкая влаго- и газопроницаемость. Известно, что защита продуктов от влияния влаги и кислорода воздуха — основное условие, обеспечивающее их сохранность. Кроме того, полиэтиленовая пленка обладает значительной механической прочностью, не гниет, не плесневеет, не имеет запаха, гигиенична. Полиэтиленовые мешки можно зашивать любой мешкозашивочной машиной, при укладывании в штабель они не скользят. Работы многих отечественных и иностранных исследователей показали, что хранение в полиэтиленовой упаковке продуктов животного и растительного происхождения предохраняет их от увлажнения и развития микроорганизмов, тормозит процессы расщепления жира, повышает сохранность витаминов и других ценных компонентов продукта.

Были проведены опыты по хранению БВД для молодняка свиней влажностью от 8 до 15 % в тканевых мешках, мешках из крафт-бумаги и полиэтилена. БВД хранили в лаборатории при температуре 18 °С и в неотапливаемом складе весной и осенью. Результаты опытов показали, что защитные свойства изучавшихся видов упаковки неодинаковы и имеют существенное значение при хранении БВД.

Исходный химический состав различных партий БВД, заложенных на хранение в описанных выше опытах, колебался в следующих пределах (на абсолютно сухое вещество): содержание сырого протеина от 31,4 до 38,95 %; водорастворимого протеина от 4 до 7,36 %; аммиака от 58,0 до 73,4 мг %; сырого жира от 3,38 до 4,42 %; кислотное число жира от 39,13 до 107,6 мг КОН; перекисное число жира от 0,12 до 0,19 % йода.

Содержание сырого и водорастворимого протеина в БВД за четыре месяца хранения во всех вариантах опы-

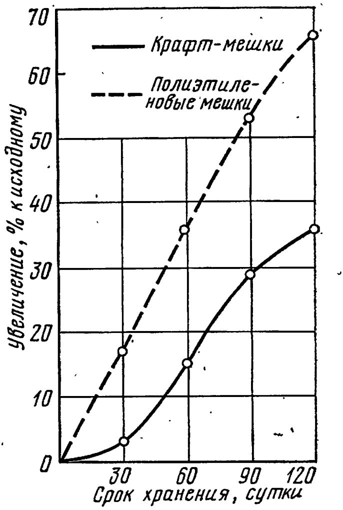

Рис. 29. Изменение содержания аммиака в БВД при хранении в производственных условиях в различных упаковках (по М. Г. Голику, Л. А. Гелашвили, Н. Я. Феста).

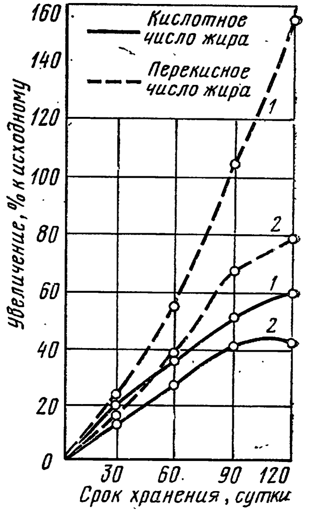

Рис. 30. Изменение кислотного и перекисного чисел жира БВД при хранении в производственных условиях в различных упаковках (по М. Г. Голику, Л. А. Гелашвили, Н. Я. Феста):

1 — БВД в крафт-мешках; *2* — БВД в полиэтиленовых мешках.

тов как в лабораторных, так и в производственных условиях почти не изменилось. Однако в БВД, по-видимому, происходил процесс постепенного расщепления некоторой части азотистых веществ, на что указывает содержание аммиака в продукте, отмечавшееся и в других опытах по хранению добавок. В БВД, хранившихся в тканевых мешках, не наблюдалось увеличения содержания аммиака, а в мешках из крафт-бумаги и полиэтилена, т. е. в упаковке, отличающейся пониженной газопроницаемостью по сравнению с тканевыми мешками, было отмечено повышение содержания аммиака. При этом содержание аммиака в полиэтиленовых мешках было выше, чем в крафт-мешках, что особенно заметно при хранении БВД в производственных условиях (рис. 29).

Повышение влажности БВД способствует образованию аммиака. Так, при влажности БВД 8 % содержание аммиака за четыре месяца хранения увеличилось с 58

до 62 мг% в крафт-мешках и до 66 мг% в полиэтиленовых мешках; при влажности БВД 13 % содержание аммиака за это время увеличилось в крафт-мешках до 69 мг%, а в полиэтиленовых — до 79 мг%.

Количество сырого жира в БВД снижалось очень незначительно, в большей степени в тканевых мешках, в меньшей — в полиэтиленовых. В зависимости от условий хранения существенно меняется качество жира — он подвергается гидролизу и окислению. В БВД, хранившихся в тканевых мешках, эти процессы протекали с наибольшей интенсивностью, а в полиэтиленовых — с наименьшей. Мешки из крафт-бумаги занимали промежуточное положение. Влияние вида упаковки на качество жира сказывалось при хранении БВД различной влажности как в лабораторных, так и в производственных условиях. Кислотное, перекисное числа и число омыления жира имели наибольшее значение в тканевых мешках и наименьшее — в полиэтиленовых (рис. 30). Некоторое уменьшение величины йодного числа при хранении БВД в тканевых мешках в производственных условиях также указывает на более интенсивное окисление жира. Значение защитных свойств упаковки иллюстрируется данными таблицы 59, в которой показано изменение качества БВД, хранившихся в производственных условиях Грузинской ССР весной и летом. За пе-

Таблица 59. **Изменение качества БВД при хранении в различной упаковке в производственных условиях Грузинской ССР в весенне-летнее время** (по Л. А. Гелашвили)

Срок хранения, сутки	Сырой протеин, %	Водорастворимый протеин, %	Аммиак, мг %	Сырой жир, %	Кислотное число жира, мг КОН	Перекисное число жира, % йода
			Крафт-мешки			
0	32,7	7,36	73,4	4,00	39,3	0,18
30	32,7	7,28	75,6	—	47,3	0,22
60	32,8	—	84,6	3,98	53,6	0,28
90	33,1	7,22	94,7	4,06	59,1	0,37
120	32,9	7,21	100,0	3,45	63,0	0,46
			Полиэтиленовые мешки			
0	31,4	6,87	73,4	4,04	48,6	0,19
30	30,8	6,81	85,9	4,14	54,9	0,22
60	31,4	6,75	99,8	4,13	61,6	0,26
90	30,6	6,84	112,0	3,97	68,4	0,32
120	31,3	6,70	122,0	3,99	69,0	0,34

риод хранения (четыре месяца) влажность БВД колебалась от 10,9 до 13 %, температура воздуха — от 5 до 29 °С, а относительная влажность — от 37 до 80 %.

За это время в БВД, хранившихся в крафт-мешках, кислотное число жира увеличилось на 60,3 %, а перекисное — на 155,5 %. В полиэтиленовых мешках эти изменения соответственно составили 42 и 78,9 %. Содержание рибофлавина (B_2) и никотиновой кислоты (PP) снижалось по мере удлинения срока хранения. При этом витамин B_2 разрушался быстрее, чем витамин PP. При хранении БВД в крафт-мешках потери витамина B_2 были больше, чем при хранении в полиэтиленовых мешках (табл. 60).

Таблица 60. **Влияние различной упаковки на величину потерь витаминов в БВД при хранении в производственных условиях** (по Л. А. Гелашвили)

Срок хранения, сутки	Потери витамина B_2, %		Потери витамина PP, %	
	крафт-мешки	полиэтиленовые мешки	крафт-мешки	полиэтиленовые мешки
30	9,4	4,5	2,7	3,2
60	18,4	11,6	9,8	12,4
90	27,4	17,9	13,0	12,2

Полиэтиленовые мешки хорошо предохраняли БВД от плесневения и заражения вредителями хлебных запасов. В БВД, хранившихся в крафт-мешках, уже через 2,5 месяца было отмечено плесневение, развитие вредителей (малого мучного хрущака, мельничной огневки), а в нижней и средней части штабеля наблюдалось слеживание. В то же время в БВД, хранившихся в полиэтиленовых мешках в течение четырех месяцев, вышеуказанных явлений не наблюдалось, сыпучесть продукта не уменьшалась.

Хранение БВД в РГС. Ряд исследований показал высокую эффективность применения РГС с низким содержанием кислорода для хранения сельскохозяйственных продуктов и отдельных видов сырья, используемого в комбикормовой промышленности, в том числе и БВД. Объектом исследований были БВД для молодняка свиней и для кур-несушек. В таблице 61 показано изменение качества жира в БВД для молодняка свиней при хранении в РГС при температуре 15—18 °С с содержа-

Таблица 61. Изменение качества жира в БВД для молодняка свиней за шесть месяцев хранения в РГС
(по М. Г. Голику, Л. А. Гелашвили, Н. Я. Феста)

Состав газовой среды, %		Влажность БВД, %	Сырой жир, %	Кислотное число жира, мг КОН	Перекисное число жира, % йода	Йодное число жира, г йода
O_2	N_2					
Исходные данные						
—	—	9,3	4,68	72,8	0,14	77,9
Через шесть месяцев хранения						
21 (атмосферный воздух)	79	9,2	4,58	89,4	0,19	74,5
15	85	9,2	4,58	85,6	0,19	77,6
10	90	9,2	4,58	82,7	0,16	77,6
5	95	9,6	4,60	75,9	0,15	77,8
3	97	9,1	4,61	75,2	0,14	77,8
1,3	98,7	9,5	4,67	72,6	0,12	77,8

нием кислорода от 1,3 до 21 % и азота от 79 до 98,7 %.

Из приведенных данных видно, что за шесть месяцев хранения БВД с небольшой влажностью (9,3 %) в атмосферном воздухе кислотное число жира возросло с 72,8 до 89,4 мг КОН, т. е. почти на 23 %. По мере понижения содержания кислорода нарастание кислотного числа жира шло значительно медленнее, что указывает на торможение процессов гидролиза жира. При уменьшении содержания кислорода в РГС до 5 % рост кислотного числа жира резко снизился и составил только 4 % к исходной величине, а в РГС, состоящей почти целиком из азота (98,7 %), кислотное число жира совсем не увеличилось.

Перекисное число жира увеличилось при хранении БВД в атмосферном воздухе и в РГС, содержащей 15 % кислорода. При содержании кислорода в РГС 5 % и менее перекисное число практически не менялось.

Хранение БВД в РГС с низким содержанием кислорода и большим содержанием азота позволяет значительно сократить потери витаминов. Данные таблицы 62 показывают, что при хранении БВД для кур-несушек в течение шести месяцев в РГС, содержащей 92...99 % азота и 1...8 % кислорода, потери витамина А сократились в 1,5 раза по сравнению с хранением в атмосферном воздухе, витамина Е — в 4 раза, каротина — в

Таблица 62. **Потери витаминов в БВД при хранении в РГС различного состава, %**
(по М. Г. Голику, Л. А. Гелашвили, Н. Я. Феста)

Витамины	Атмосферный воздух	Газовая среда
	N_2=78 %; O_2=21 %	N_2=92—99 %; O_2=1—8 %
БВД для кур-несушек (влажность 9,3%, 6 месяцев хранения)		
A	24,1	15,9
B_{12}	33,3	Нет
E	25,9	5,9
Каротин	62,0	18,5
БВД для молодняка свиней (влажность 9,3%, 4,5 месяца хранения)		
B_2	27,4	13,0
PP	9,4	4,0

3,3 раза. Потери витамина B_{12} при хранении в атмосферном воздухе составляли 33,3 %, а при хранении в РГС этот витамин сохранился полностью. При хранении БВД для молодняка свиней в течение 4,5 месяца в РГС примерно того же состава потери витаминов B_2 и PP были в 3 раза ниже, чем при обычном способе хранения.

В Тбилиси в производственных условиях в течение 4,5 месяца весенне-летнего периода хранили две партии БВД массой около 1 т каждая. Одна партия хранилась обычным способом в крафт-мешках вместимостью 20... 25 кг, другая — в РГС, содержащей 5...7 % кислорода и 93...95 % азота. РГС создавали в полиэтиленовом контейнере, представлявшем собой деревянный каркас, обтянутый полиэтиленовой пленкой толщиной 120 мк с герметически запаянными краями. Из газового баллона через металлическую трубку подавали в контейнер азот, вытесняя из него воздух. БВД загрузили в контейнер в крафт-мешках.

При хранении БВД в РГС с небольшим содержанием кислорода никаких внешних признаков ухудшения качества не было обнаружено в течение всего периода опыта. Только в нижних слоях штабеля продукт немного уплотнился. В контрольной партии БВД, хранившейся при доступе воздуха, после 2,5 месяца появились гифы плесени, паутина и личинки вредителей, продукт уплотнился, уменьшилась его сыпучесть.

Изменение химического состава обеих партий БВД за период хранения показано в таблице 63.

Таблица 63. **Изменение качества БВД для молодняка свиней за 4,5 месяца хранения в полупроизводственных условиях обычным способом и в РГС с низким содержанием кислорода** (по Л. А. Гелашвили)

Показатели	Газовая среда: N_2=93—95 %, O_2=5—7%			Атмосферный воздух (контроль)		
	до хранения	после хранения	разница, % (±)	до хранения	после хранения	разница, % (±)
Сырой протеин, %	33,8	33,9	—	34,5	34,4	—
Водорастворимый протеин, %	6,39	6,34	—	6,32	5,94	—6,0
Аммиак, мг%	72,5	91,2	+25,8	65,5	96,0	+46,6
Сырой жир, %	3,90	3,83	—	4,00	3,98	—
Кислотное число жира, мг КОН	38,2	47,6	+24,6	42,2	63,7	+51,0
Перекисное число жира, % I_2	0,17	0,23	+35,3	0,18	0,35	+94,4

Из данных таблицы видно, что общее содержание сырого протеина и количество водорастворимого белка в БВД практически не изменилось как при хранении в РГС, так и в условиях свободного доступа воздуха. Содержание аммиака при хранении БВД в условиях свободного доступа воздуха возросло за 4,5 месяца хранения с 65,5 до 96,0 мг%, т.е. на 46,6 %; при хранении же в РГС, несмотря на герметические условия хранения, способствующие накоплению аммиака в продукте, содержание его увеличилось только на 25,8 %. Следовательно, РГС с низким содержанием кислорода тормозит процессы разложения белковых веществ и образования аммиака.

Количество сырого жира в БВД при обоих способах хранения не менялось; качество жира контрольной партии БВД, т. е. хранившейся при свободном доступе воздуха, существенно изменилось. Кислотное число жира увеличилось с 42,2 до 63,8 мг КОН, т. е. на 51 %, а перекисное число — с 0,18 до 0,35 % I_2, т. е. на 94,4 %, или почти в 2 раза по сравнению с исходной величиной. В то же время в партии БВД, хранившейся в РГС, кислотное число жира увеличилось на 24,6 %, а перекис-

ное — на 35,3 % по отношению к исходным данным.

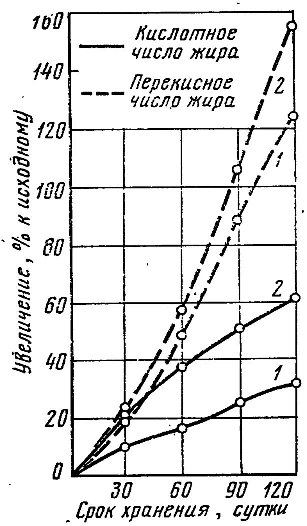

Рис. 31. Влияние внесенного дилудина на изменение кислотного и перекисного чисел жира БВД в процессе хранения (по М. Г. Голику, Л. А. Гелашвили, Н. Я. Феста):
1 — БВД с дилудином; 2 — БВД без дилудина.

Использование антиокислителей для повышения стойкости БВД при хранении. Большой интерес представляет применение антиокислителей для повышения стойкости БВД при хранении. При изучении этого вопроса испытывались антиокислители сантохин и дилудин.

Для выявления стабилизирующего действия дилудина на качество БВД для ремонтного молодняка свиней в Тбилиси на хранение были заложены опытные партии БВД с дилудином (0,02 %) и без дилудина. Масса каждой партии составляла 1 т, влажность 13 %.

В состав БВД были введены витамины B_2 и РР.

Опытные партии БВД в крафт-мешках были уложены в штабель на деревянных стеллажах в типовом неотапливаемом складе и хранились в течение четырех месяцев в весенне-летнее время года при колебаниях температуры воздуха от 5 до 29 °С. Общее количество сырого протеина, содержание водорастворимого протеина, а также сырого жира в БВД в период хранения как с добавлением, так и без добавления дилудина оставались почти без изменений. Содержание аммиака возрастало по мере удлинения срока хранения примерно с одинаковой интенсивностью как в партиях с дилудином, так и без дилудина — с 73—74 до 100—107 мг%.

Дилудин оказывал ингибирующее действие на изменение кислотного и перекисного чисел. Из рисунка 31 видно, что за четыре месяца хранения БВД без дилудина кислотное число увеличилось на 60,3 %, а БВД с дилудином — на 30,7 %.

Включение дилудина в состав БВД сократило потери витамина B_2 (табл. 64). На сохранность витамина РР,

Таблица 64. **Влияние дилудина на сохранность витаминов B_2 и PP в БВД для молодняка свиней при хранении в производственных условиях, % к исходному** (по Л. А. Гелашвили)

Варианты опыта	Срок хранения, сутки					
	витамина B_2			витамина PP		
	30	60	90	30	60	90
БВД без дилудина	90,6	81,6	72,6	97,3	90,7	87,0
БВД+0,02% дилудина	96,7	90,6	89,1	95,7	90,1	89,5

более стойкого, чем рибофлавин, дилудин не оказывал ясно выраженного влияния.

В БВД, предназначенные для птицы, вводят широкий ассортимент витаминов. Исследования были направлены на стабилизацию с помощью сантохина и дилудина витаминов А, Е, B_{12}, холина и провитамина А — каротина (Л. А. Гелашвили и др., 1975; А. Д. Пелевин, Л. А. Гелашвили, 1976). Опыты по хранению БВД проводили в лабораторных и производственных условиях. Витамин А вводили в виде синтетического стабилизированного препарата А-325, витамин Е — 25 %-ного препарата α-токоферол ацетата, а B_{12} — в виде кормового препарата, представляющего собой биомассу пропионовокислых бактерий. Холин и каротин находились в достаточном количестве в компонентах БВД в природном состоянии, и потому дополнительно их не вводили. В качестве носителя сантохина и дилудина использовали технический жир.

В этих опытах так же, как и при хранении БВД для молодняка свиней, было отмечено ингибирующее действие антиокислителей в процессах гидролиза и окисления жира (рис. 32, 33). За шесть месяцев хранения БВД для кур-несушек в лабораторных условиях (исходная влажность 8,7 %, температура 18...20 °С, образцы по 5 кг в полиэтиленовых пакетах) кислотное число жира в продукте без антиокислителей возросло на 181 %, с добавкой дилудина — на 130,6 %, а с добавкой сантохина — на 68,4 %, значительно уменьшилась под влиянием антиокислителей и величина перекисного числа. При хранении БВД в производственных условиях использовали различные концентрации антиокислителей — 0,02, 0,08 и 0,2 %. Влажность продукции в пе-

риод опыта колебалась от 7,3 до 10,56 %, среднемесячная температура — от 6,1 до 24,0 °С, относительная влажность воздуха — от 61 до 65 %.

За шесть месяцев хранения БВД без антиокислителей кислотное число жира возросло с 36,7 в начале хранения до 102,5 мг КОН к концу хранения, т. е. в 2,8 раза.

В БВД с различными концентрациями сантохина кислотное число увеличилось за этот период в 1,6...1,9 раза, а с дилудином — в 1,7...2,1 раза по сравнению с исходными значениями.

Ингибирующее действие сантохина на накопление перекисей в БВД было несколько сильнее, чем у дилудина, что наблюдалось также и в лабораторных опытах. Имеет значение и количество антиокислителей в БВД. Концентрация сантохина, равная 0,08 % от массы БВД, являлась критической, при которой окисление жировой фракции БВД практически прекращалось: в течение шести месяцев хранения значения перекисных чисел находились на уровне исходных величин. Оптимальные ингибирующие свойства дилудина также отмечались при концентрации антиокислителя 0,08 %.

Введение сантохина и

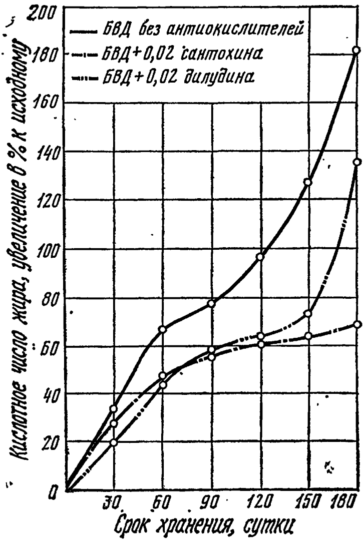

Рис. 32. Влияние антиокислителей на изменение кислотного числа жира БВД при хранении (по Л. А. Гелашвили и др.).

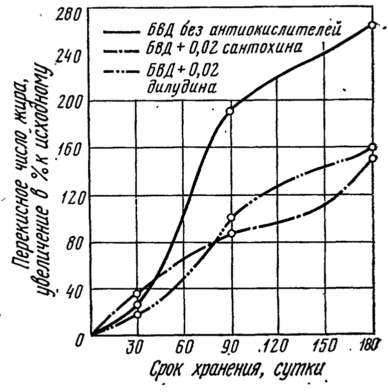

Рис. 33. Влияние антиокислителей на изменение перекисного числа жира БВД при хранении (по Л. А. Гелашвили и др.).

дилудина в составе БВД повышало сохранность витаминов. Анализ полученных данных показывает, что эффективность действия антиокислителей зависит от их концентрации в составе БВД, срока хранения БВД и химической природы витаминов. Наилучшие результаты были получены при концентрации названных антиокислителей 0,08 % от массы БВД (табл. 65).

Таблица 65. **Влияние антиокислителей на сохранность витаминов А, Е и B_{12} в БВД** (влажность 8,7%) **для кур-несушек при хранении, % к исходному**

Варианты опыта	Срок хранения, мес.								
	витамина А			витамина Е			витамина B_{12}		
	2	3	6	2	3	6	2	3	6
БВД без антиокислителя	87,7	73,1	54,6	73,0	65,0	38,0	67,3	55,4	34,7
„ +0,02 % сантохина	90,5	73,5	63,4	81,0	77,0	55,0	61,0	57,7	42,2
„ +0,08 % сантохина	90,3	79,2	70,1	79,0	75,0	65,0	—	—	61,0
„ +0,2 % сантохина	89,2	80,0	66,3	86,0	81,0	62,0	—	—	—
„ +0,02 % дилудина	95,6	81,2	58,8	89,0	67,0	44,0	63,7	67,3	53,9
„ +0,08 % дилудина	94,4	91,7	67,4	83,3	75,0	46,0	—	—	59,0
„ +0,2 % дилудина	89,5	89,8	61,5	88,3	78,7	51,1	—	—	—

Потери витаминов возрастают по мере удлинения сроков хранения. Однако введение антиокислителей позволяет снизить эти потери. Так, с помощью сантохина сохранность витамина А при шестимесячном хранении БВД была увеличена на 15,5 %, витамина Е — на 27, B_{12} — на 26,3, каротина — на 29,1 и холина, обладавшего наибольшей устойчивостью, — на 4,3 %.

ПРЕМИКСЫ

Премиксы представляют собой однородные смеси измельченных до необходимой крупности микродобавок и наполнителя, используемые для обогащения комбикормов и БВД.

Использование премиксов позволяет увеличить рост и продуктивность сельскохозяйственных животных и птицы на 15...20 % при одновременном улучшении качества и снижении затрат кормов на 10...15 %.

Премиксы считают наиболее целесообразной формой введения в состав комбикормов и БВД биологически активных веществ — витаминов, микроэлементов, аминокислот и др. Эти вещества вводят в ничтожно малых количествах (от тысячных до миллионных долей), и поэтому непосредственное смешивание со всем объемом

продукта не может обеспечить их равномерное распределение. При изготовлении премиксов биологически активные вещества предварительно смешивают с наполнителем, а затем уже готовый премикс вводят в комбикорм или БВД. Это позволяет равномерно распределить вводимые вещества во всей массе корма и стандартизировать их концентрацию.

При производстве премиксов в СССР используют следующие микродобавки: фармакопейные и кормовые препараты витаминов, в том числе стабилизированные (защищенные) формы; антибиотики (биовит, кормогризин, хлортетрин и др.); незаменимые аминокислоты (метионин кормовой и кормовой концентрат *L*-лизина); микроэлементы (преимущественно в виде сернокислых и углекислых солей); антиоксиданты (сантохин, дилудин или другие); ферментные препараты, повышающие усвоение в организме животного высокомолекулярных углеводов и белков корма (амилосубтилин, пектаваморин, протосубтилин и др.); стабилизаторы солей йода (тиосульфат натрия, стеарат кальция и др.).

Стандарт предусматривает также введение в премиксы 2...3 % стабилизированного кормового жира, что улучшает равномерность распределения биологически активных веществ в премиксе и уменьшает пылеобразование. В качестве наполнителя, составляющего от 70 до 90 % массы премикса, используют пшеницу и пшеничные отруби, дрожжи кормовые, кормолизин и ряд других продуктов.

В состав комбикормов рекомендуется вводить 1 % премиксов, в состав БВД — от 4 до 7 %.

Премиксы изготавливают по научно обоснованным рецептам, включающим целый комплекс биологически активных веществ. Состав такого комплекса зависит от видовых и возрастных особенностей животных, их хозяйственного назначения и условий содержания, а также от технологических свойств отдельных компонентов и их совместимости.

В СССР промышленность выпускает более 30 рецептов премиксов. По мере углубления знаний в области кормления и физиологии сельскохозяйственных животных и развития промышленности микробиологического и химического синтеза различных кормовых препаратов рецепты премиксов совершенствуются, изменяется и расширяется набор используемых в них компонентов

(различные лекарственные вещества, успокаивающие средства, вкусовые добавки и т. д.).

Используемые в производстве премиксов микродобавки должны обладать такими физико-химическими свойствами, которые бы обеспечивали нормальную работу оборудования по их дозированию, транспортированию, смешиванию и высокое качество готового продукта.

Готовый премикс должен иметь высокую биологическую активность, быть однородным по составу, отвечать требованиям стандарта по степени измельченности и влажности. Поэтому нужно, чтобы препараты биологически активных веществ обладали хорошей сыпучестью, высокой степенью дисперсности и выравненностью частиц, невысокой гигроскопичностью, малой подверженностью распылу. Наполнитель также должен отвечать определенным требованиям: иметь реакцию, близкую к нейтральной (pH 5,5...7,5), влажность не выше 10...12 %, хорошую сыпучесть, малую склонность к пылеобразованию и накоплению статического электричества и др.

Большое значение имеет несущая способность наполнителя, т. е. способность удерживать на своих частицах более мелкие частицы биологически активных веществ. Добавка жира в состав премикса повышает несущую способность наполнителя.

Премиксы — сложный объект хранения, так как состоят из большого количества компонентов, разнородных по своим физико-химическим свойствам, реакционной способности и, следовательно, устойчивости при хранении. Поэтому установить режимы и сроки хранения, оптимальные в равной мере для всех компонентов премикса, сложно.

Снижение биологической активности и общее ухудшение качества премиксов при хранении вызывают в основном следующие факторы: несовместимость отдельных компонентов премикса; резкие отклонения pH среды от оптимальной величины; увеличение влажности премикса выше критической; процессы гидролиза и окисления липидов.

Известно, что микроэлементы, особенно в виде сернокислых солей, катализируют окислительно-восстановительные процессы и разрушающе действуют на некоторые витамины; йодистый калий несовместим с сернокислыми солями, и поэтому его предварительно смешивают со стабилизаторами. Отдельные витамины несов-

местимы между собой. Так, например, витамины B_1, B_2 и С плохо совместимы с фолиевой кислотой. Аскорбиновая кислота, будучи сильным восстановителем, отрицательно влияет на сохранность других витаминов. Никотиновая кислота и холинхлорид весьма устойчивы, но вызывают потери ряда витаминов. Использование стабилизированных форм витаминов (микрокапсулированных и микрогранулированных препаратов) делает потери их минимальными при нормальных условиях хранения премикса. При этом важно, чтобы в процессе технологии производства премикса не была механически нарушена целостность микрокапсулы или микрогранулы препарата.

Сохранность биологически активных веществ в премиксе зависит от величины рН. Большинство компонентов премикса наиболее стабильно при рН среды 5,5...7,5, т. е. при слабокислой реакции или близкой к нейтральной. Поэтому, как уже говорилось, наполнитель должен иметь именно такую величину рН.

Важнейший фактор, влияющий на интенсивность физико-химических и биохимических процессов в премиксе, — его влажность. Критической влажностью для премиксов следует считать 13 %, а оптимальной — 10 %. Согласно стандарту на премиксы, их влажность не должна превышать 10 %. Увеличение влажности выше указанных величин ведет к ухудшению качества премикса при хранении:

резче проявляется несовместимость отдельных компонентов, возрастает интенсивность окислительно-восстановительных реакций, увеличиваются потери биологически активных веществ;

развиваются микроорганизмы, вызывающие плесневение продукта и нежелательные биохимические изменения в химическом составе самого наполнителя (гидролиз белков, жиров, повышение кислотности и др.) и в микродобавках;

ухудшаются физические свойства премикса — снижается сыпучесть, продукт начинает слеживаться, высокогигроскопичные компоненты могут расплавиться.

Продукты гидролиза и окисления жиров отрицательно влияют на качество премиксов при хранении: разрушающе действуют на биологически активные вещества, повышают общую кислотность продукта, вредны для организма животных.

Обобщение результатов исследований по применению антиоксидантов в премиксах показывает, что добавка сантохина и дилудина повышает стабильность витаминов, задерживает окисление жира и образование перекисей, препятствует повышению кислотности продукта.

Сохранность различных витаминов и динамика перекисных чисел зависят от вида антиоксиданта, его концентрации и способа введения в состав премикса. Применение в качестве носителя кормового животного жира способствует бóльшей устойчивости антиоксидантов, повышает равномерность их распределения в продукте. Наилучшее стабилизирующее действие сантохина и дилудина в хранящихся премиксах было отмечено при их концентрации в продукте, равной 1,25 %.

Хранить премиксы необходимо в условиях, защищающих их от увлажнения и других неблагоприятных факторов внешней среды (свет, аэрация и др.). Для этого премиксы упаковывают по 20...25 кг в четырехслойные бумажные мешки и хранят на поддонах в сухих, чистых, хорошо проветриваемых складах рассортированными по рецептам. Перевозят премиксы в сухих, чистых и закрытых транспортных средствах. Гарантийный срок хранения премиксов — шесть месяцев со дня изготовления.

Глава 6

ХРАНЕНИЕ КОМБИКОРМОВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМБИКОРМОВ

Ассортимент и рецепты комбикормов. Комбикорма вырабатывают рассыпные, гранулированные и в виде крупки.

По кормовому значению комбикорма разделяют на полнорационные, комбикорма-концентраты и белково-витаминные добавки (БВД).

Полнорационные комбикорма содержат все необходимые питательные вещества в требуемом соотношении, обеспечивающем потребности животных. Полнорационные комбикорма скармливают без добавления других кормов.

Комбикорма-концентраты предназначены для восполнения недостатка питательных веществ в основном рационе. Их добавляют к грубым, сочным и другим кормам. Основное назначение комбикормов-концентратов — обеспечить биологически полноценное питание животных.

Для производства комбикормов используют разные виды сырья (растительного и животного происхождения, кормовые продукты различных технических производств, перерабатывающих сельскохозяйственное сырье). Сходные по своим питательным свойствам виды комбикормового сырья можно объединить в следующие группы:

1. Основное (энергетическое) сырье — зерно злаковых культур.

2. Сырье, богатое белком (протеином): растительного происхождения (семена бобовых культур, жмыхи, шроты) и животного происхождения (рыбная, мясо-костная мука и др.).

3. Витаминные добавки, антибиотики, ферменты.

4. Минеральные кормовые средства: соли микроэлементов и макроэлементов.

Рецептуру комбикормов разрабатывают на основе обобщения многолетнего опыта кормления сельскохозяйственных животных с учетом вида животных, физиологического состояния и продуктивной направленности.

Рецептура предусматривает производство комбикормов для следующих видов животных и птицы: свиней, крупного рогатого скота, овец и ягнят, лошадей, кроликов, пушных зверей (лисиц, песцов, соболей, норок), сельскохозяйственной птицы (кур, уток, гусей, индюшат), прудовых рыб.

Рецептам комбикормов присваивают номера по видам животных: каждому виду присваивают номер в установленной десятке. Например, для кур с 1 до 9, для индеек с 10 до 19, для свиней с 50 до 59, для крупного рогатого скота с 60 до 69 и т. д.

Общее количество компонентов, входящих в состав комбикормов, колеблется от 4 до 12, не считая микродобавок. При этом наименьшее количество компонентов относится к комбикормам для крупного рогатого скота и лошадей, а наибольшее — к комбикормам для птицы.

Рецепты комбикормов и БВД рассчитывают на ЭВМ по методическим указаниям, утвержденным Министерством заготовок СССР.

Опыт Всесоюзного научно-исследовательского института комбикормовой промышленности (ВНИИКП) Министерства заготовок СССР по скармливанию курам-несушкам комбикормов, рецепты которых рассчитаны на ЭВМ, показал, что с помощью ЭВМ можно добиться снижения себестоимости комбикормов, не ухудшая их питательности и биологической эффективности (А. А. Чемодуров, В. В. Космачев, 1972). В США предложена система разработки рецептуры путем составления модели комбикорма для различных видов животных, которая используется для разработки заменяемых рецептов.

Питательная ценность комбикормов. Зависит от соотношения содержащихся в них кормовых средств и их химического состава.

Основные показатели, определяющие питательность комбикормов, следующие:

1. Число кормовых единиц в 1 или 100 кг комбикорма. В основу оценки общей питательности кормов в кормовых единицах положен метод учета материальных изменений в теле животных, о которых судят по балансу веществ и энергии в организме.

Содержание кормовых единиц в комбикормах для различных видов животных колеблется в следующих пределах (на 1 кг комбикорма): для крупного рогатого скота 0,9...1,01; заменитель цельного молока для телят (ЗЦМ) 2,3; для свиней 0,8...1,22; для лошадей 0,75...1,0.

Химические изменения веществ в процессе обмена сопровождаются превращениями энергии в организме животного, причем обмен веществ и обмен энергии — это различные формы одного и того же процесса. Поэтому для изучения материальных изменений в организме животного прибегают и к определению энергетического баланса.

2. Для оценки питательности комбикормов в настоящее время внедряют метод определения их энергетической ценности. Так, например, в комбикормах для птицы питательность оценивают по содержанию обменной энергии, выраженной в килоджоулях (кДж) на 100 г комбикорма. Обменная энергия для различных видов и возрастных групп птицы колеблется от 1050 до 1260 кДж на 100 г комбикормов.

Энергетическая ценность кормов зависит от общего содержания энергии в корме и ее физиологической до-

ступности. Калорийность кормов зависит от их химического состава.

Обменная или физиологически полезная энергия — это энергия усвоенных веществ. В качестве единицы оценки предложена энергетическая кормовая единица (ЭКЕ), равная 10 450 кДж энергии.

3. Содержание в комбикормах сырого или переваримого протеина в процентах от массы комбикорма. При определении нормы сырого протеина имеет значение не только его количественное содержание, но и качество, т. е. баланс входящих в него незаменимых аминокислот, соответствующий потребности животных.

4. Содержание сырой клетчатки в процентах от массы комбикорма.

Для нормального развития организма животных необходимо также наличие в комбикормах достаточного количества минеральных веществ и витаминов, которое обязательно учитывают при составлении рецептуры комбикормов с соблюдением строгого соотношения натрия к калию и фосфора к кальцию.

Ветеринарно-санитарное состояние комбикормов. Для предотвращения заражения комбикормов микроорганизмами необходимо соблюдать санитарные правила в течение всего процесса производства, хранения и транспортирования комбикормов.

Анализируя данные о микрофлоре отдельных компонентов комбикормов при хранении, видно, что эти виды сырья служат исключительно благоприятной средой для жизнедеятельности разнообразных микроорганизмов — грибов, бактерий, дрожжей, актиномицетов.

При смешивании различных видов сырья в процессе выработки комбикормов в какой-то степени суммируются питательные вещества и микрофлора, которая находилась на отдельных компонентах, включенных в комбикорма в определенном соотношении (согласно рецептуре). Поэтому исходная микрофлора комбикорма может быть более разнообразной и многочисленной по сравнению с отдельными компонентами.

Грибы (микромицеты) попадают в комбикорма вместе с сырьем, используемым для их приготовления. Особенно сильно бывает загрязнено зерно и продукты его переработки, вводимые в комбикорма в значительных количествах (50 % и более). Микрофлора зерновых кормов состоит главным образом из грибов, населяю-

щих растение в период вегетации. В комбикормах особенно часто встречаются *Alternaria, Helminthosporium, Trichotecium, Aspergillus, Penicillium,* реже другие грибы.

Развитие микрофлоры на кормах зависит от их влажности и температуры. Как известно, пониженная температура способствует развитию представителей рода *Penicillium,* а более высокая — видов рода *Aspergillus.* Микроэлементы, витамины и другие биологически активные вещества, которые включают в комбикорма с целью повышения их питательной ценности, интенсифицируют развитие микроорганизмов. Добавки, включаемые в комбикорм, повышают скорость роста грибов и участвуют в синтезе их метаболитов. Особенно нуждаются в витаминах *Mucor, Aspergillus, Penicillium,* т. е. те виды грибов, которые при неблагоприятных условиях хранения быстро размножаются и вызывают изменение органолептических показателей, слеживаемость и плесневение комбикормов.

Ветеринарно-санитарное состояние комбикормов устанавливают путем органолептического исследования: определения вредных примесей грибкового происхождения; микологического исследования; определения токсичности комбикормов; проведения в необходимых случаях бактериологического исследования, когда есть подозрение на заболевание животных, вызванное бактериями паратифозной группы.

Микологическому исследованию подвергают сырье (зерно первой степени порчи с солодовым запахом, комбикорм после месячного срока хранения), в котором обнаружены отклонения в органолептических показателях. Обязательно исследуют импортные белковые корма, продукты переработки арахиса, чтобы исключить содержание в них афлотоксина.

Физические свойства комбикорма. Комбикорм обладает теми же физическими свойствами, что и его компоненты, — сыпучестью, скважистостью, гигроскопичностью и др. Для комбикорма количественные характеристики этих свойств (величина угла естественного откоса, величина равновесной влажности и др.) зависят от того, какими физико-химическими показателями обладают его компоненты и в каком соотношении они входят в его состав. На физические свойства комбикормов влияют те же факторы, которые влияют на свой-

ства отдельных компонентов, — влажность, крупность и др.

Сыпучесть комбикорма зависит от его состава (рецепта), фракционных свойств компонентов, влажности, крупности и др. Поэтому и величины угла естественного откоса, характеризующие степень сыпучести продуктов, неодинаковы у комбикормов разного качества.

В среднем угол естественного откоса для рассыпных немелассированных комбикормов равен 35...37 град при влажности 13,1 %, а для гранулированных — 29 град при влажности 12,4 %.

Л. И. Карецкас и М. Г. Голик изучали факторы, влияющие на сыпучесть рассыпных и гранулированных комбикормов для поросят-отъемышей (табл. 66).

Таблица 66. **Факторы, влияющие на сыпучесть комбикормов** (рецепт № 51-19 для поросят-отъемышей)

Влажность, %	Угол естественного откоса комбикорма, град		
	рассыпного	гранулированного	
		⌀4,8 мм, l 8,2 мм	⌀ 6,8 мм, l 11,0 мм
9,8...10,0	41,0	33,0	34,2
10,8...11,2	41,8	33,2	35,0
12,0...12,1	42,4	33,5	35,7
12,9...13,2	42,2	34,2	36,3
14,5...14,6	43,0	35,0	37,0
15,0...15,3	43,0	36,2	38,0

Результаты исследований показали, что гранулированные комбикорма обладают лучшей сыпучестью (33... 35 град), чем рассыпные (41...43 град). С увеличением диаметра с 4,8 до 6,8 мм и длины гранул с 8,2 до 11 мм угол естественного откоса комбикорма несколько увеличивается (на 2...3 град), т. е. сыпучесть ухудшается. Повышение влажности несколько снижает сыпучесть как рассыпного, так и гранулированного комбикорма. Так, увеличение влажности с 9,8 до 15,0...15,3 % сопровождалось увеличением угла естественного откоса у рассыпного комбикорма с 41 до 43 град, у гранулированных комбикормов с меньшим размером гранул — от 33 до 36,2 град и с большим размером гранул — от 34,2 до 38,0 град. На величину угла естественного откоса в про-

изводственных условиях влияет также высота, с которой падает струя комбикорма при различных операциях по его перемещению (табл. 67).

Таблица 67. **Влияние высоты падения струи комбикорма при погрузочно-разгрузочных операциях на величину угла естественного откоса**

Операция	Рассыпной комбикорм			Гранулированный комбикорм		
	высота падения, см	высота конуса, см	угол естественного откоса, град	высота падения, см	высота конуса, см	угол естественного откоса, град
Загрузка в автомобиль самотеком	175	77	40,6	175	67	32,4
Выгрузка из силоса на горизонтальную плоскость	235	118	39,3	235	130	30,0
Загрузка вагонов самотеком	305	116	38,3	305	105	28,6

Из таблицы видно, что при увеличении высоты падения комбикорма со 175 до 305 см угол естественного откоса рассыпных и гранулированных комбикормов уменьшается.

В таблице 68 сопоставляются величины угла естественного откоса насыпей комбикорма с углом естественного откоса зерна важнейших культур. Из таблицы видно, что рассыпные комбикорма обладают меньшей, а гранулированные комбикорма — близкой к средней сыпучестью по сравнению с сыпучестью гороха, пшеницы,

Таблица 68. **Угол естественного откоса насыпей комбикормов и зерновых масс**

Комбикорма и зерновые массы	Угол естественного откоса, град	
	от...до	среднее значение
Рассыпные комбикорма	38...43	40,5
Гранулированные комбикорма	33...38	35,5
Кукуруза	30...40	35,0
Овес	31...54	42,5
Ячмень	28...45	36,5
Горох	24...31	27,5
Пшеница	23...38	30,5

кукурузы, ячменя и большей сыпучестью по сравнению с сыпучестью овса. Рассыпные комбикорма имеют тенденцию к слеживанию, в результате чего их сыпучесть резко уменьшается, особенно при длительном хранении.

Самосортирование комбикормов при перемещении различными транспортными механизмами или во время перевозок имеет большое практическое значение. Избыток или недостаток отдельных компонентов, и особенно микроэлементов, в различных слоях массы комбикорма, которые могут быть вызваны самосортированием, не только снижают общую питательную ценность комбикорма, но и могут вызвать заболевания животных, особенно птицы и молодняка скота.

Л. И. Карецкас, М. Г. Голик и Г. Я. Вайстих изучали процесс самосортирования в комбикорме для поросят-отъемышей (и других рецептах) при перевозке его автомобильным и железнодорожным транспортом и при загрузке и разгрузке силоса. О самосортировании судили по равномерности распределения в насыпи комбикорма поваренной соли, каротина, сырой клетчатки, железа, углекислого кальция, хлористого кобальта и карбамида. Результаты опыта показали, что при перевозке рассыпных и гранулированных комбикормов автомобильным транспортом на расстояние от 20 до 200 км и в железнодорожных вагонах на расстояние до 1500 км насыпь комбикорма уплотнилась на 15...20 %, но однородность его не была нарушена: колебания в содержании поваренной соли, хлористого кобальта и карбамида в разных слоях насыпи находились в допустимых пределах. Не изменилась и однородность комбикорма по крупности, о чем судили по определению остатка на сите с отверстиями ∅ 3 мм. При загрузке комбикорма в вагон с помощью транспортера и самотеком определяли равномерность распределения в насыпи хлористого кобальта и также пришли к выводу, что однородность комбикорма сохранилась.

Изучался процесс самосортирования рассыпного комбикорма при загрузке в железобетонный силос и выпуске его из силоса высотой 9 м и ∅ 4 м. Анализ данных показал, что однородность комбикорма не изменилась. Содержание поваренной соли в отобранных образцах колебалось от 0,47 до 0,58 % и только в одном случае составило 0,61 %, клетчатки — от 5,10 до 5,97 %, солей железа — от 4,85 до 5,06 мг/кг. Различия в со-

держании каротина в разных пробах также были невелики, несмотря на то, что каротин вводится в комбикорм в составе травяной муки, состоящей из легких и мелких частиц.

Объемная масса комбикорма зависит от рецепта, влажности, крупности.

При проектировании комбикормовых заводов принимают объемную массу рассыпных комбикормов 500 кг/м³ и гранулированных 630 кг/м³. При одном и том же рецепте объемная масса гранулированных комбикормов больше, чем рассыпных, что объясняется уплотнением гранулированного комбикорма в пресс-грануляторе.

Л. И. Карецкас и М. Г. Голик изучали влияние влажности и качества сырья на объемную массу комбикорма. Как видно из таблицы 69, повышение влажности комбикорма сопровождается уменьшением его объемной массы. Это можно объяснить увеличением скважистости и снижением плотности укладки при увеличении влажности комбикорма.

Таблица 69. **Влияние влажности на объемную массу комбикорма**

Назначение комбикорма	Рассыпной комбикорм		Гранулированный комбикорм	
	влажность, %	объемная масса, кг/м³	влажность, %	объемная масса, кг/м³
Для поросят-отъемышей (рецепт 51-19)	9,8	616	9,6	658
	11,1	613	11,0	652
	12,3	610	12,1	649
	13,0	608	12,8	641
	14,4	605	14,5	634
	15,0	603	15,0	632
Для свиней мясного откорма (рецепт 55-23)	10,1	565	9,9	638
	10,9	559	11,2	630
	12,3	557	11,7	621
	13,0	555	12,7	614
	14,4	548	14,6	605
	15,0	545	15,0	599

На объемную массу комбикорма влияет и качество сырья — при использовании высоконатурного сырья получают и комбикорм с большей объемной массой.

Скважистость комбикорма зависит от его состава (рецепта), физических свойств компонентов, влажности, наличия крошки в гранулированных комби-

кормах, размеров гранул, способа загрузки комбикорма в хранилище, высоты насыпи, длительности хранения. Рассыпные комбикорма имеют большую скважистость. Так, при влажности 10 % комбикорма для поросят-отъемышей и мясного откорма свиней имели скважистость 56 %, для телят и для крупного рогатого скота — 57... 58 %. Несколько меньшая скважистость свойственна гранулированным комбикормам.

Увеличение влажности повышает скважистость как рассыпных, так и гранулированных комбикормов (табл. 70). Анализ данных таблицы показывает, что при повышении влажности с 10 до 15 % скважистость рассыпных комбикормов увеличилась на 2,8 % и гранулированных — на 4,2 %.

Таблица 70. **Влияние влажности на скважистость комбикормов**

Влажность, %	Скважистость комбикормов, %	
	рассыпных (крупность: остаток на сите с отверстиями ⌀ 3 мм 0,4...0,6 %)	гранулированных (крупность: ⌀ гранул 4,8 мм, длина 8,2 мм)
10,0	55,8	50,7
11,1	55,6	51,8
12,3	57,3	52,1
13,0	58,3	52,7
14,4	58,4	54,8
15,0	58,6	54,9

Скважистость гранулированных комбикормов зависит также от прочности гранул, так как в случае их дробления при транспортировании и различных погрузочно-разгрузочных операциях образующаяся крошка заполняет скважины (табл. 71).

Таблица 71. **Скважистость гранулированного комбикорма разной влажности в зависимости от содержания в нем крошки**

Содержание крошки, %	Скважистость (%) при влажности, %					
	9,6	11,0	12,1	12,8	14,5	14,9
5	48,1	48,3	48,7	48,9	51,1	52,1
10	45,3	47,4	47,6	47,8	49,8	50,9
20	43,5	44,4	44,6	46,4	47,1	47,7
30	42,6	42,8	43,7	43,8	45,8	46,9

Наблюдения за изменениями температуры насыпей комбикормов, хранившихся в различное время года в складе при высоте насыпи от 1,5 до 2,5 м, показали, что и рассыпной, и гранулированный комбикорм обладает низкой тепло- и температуропроводностью. Следует отметить, что главная составная часть комбикормов — это компоненты зернового происхождения, а зерновая масса, как известно, плохо проводит тепло и имеет низкую температуропроводность.

Низкая температуропроводность способствует развитию самосогревания комбикорма вследствие скапливания в насыпи тепла, образующегося в результате жизнедеятельности микроорганизмов и различных биохимических реакций. Однако, если комбикорм был заложен на хранение в охлажденном состоянии, то плохая температуропроводность помогает длительное время сохранять низкую температуру в его насыпи.

Гигроскопичность комбикормов имеет большое значение при их хранении, особенно в районах влажного климата. По данным Л. И. Карецкаса и М. Г. Голика, равновесная влажность комбикорма для поросят-отъемышей при относительной влажности воздуха 70 % составляет 15,5 %, т. е. достигает величины, при которой в нем уже могут активно развиваться микроорганизмы. При относительной влажности воздуха 80...90 % равновесная влажность комбикорма, так же как зерна и других кормовых продуктов, резко увеличивается (табл. 72).

Таблица 72. **Равновесная влажность комбикорма для поросят-отъемышей при различной относительной влажности воздуха**

Температура воздуха, °С	Равновесная влажность комбикорма (%) при относительной влажности воздуха, %								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	8,6	9,7	10,6	11,3	12,9	15,5	19,8	24,6	26,7
10	8,5	9,6	10,2	11,0	12,4	15,0	19,2	23,7	26,0

Сравнение равновесной влажности комбикорма с равновесной влажностью зерна важнейших культур (табл. 73) показывает, что при относительной влажности воздуха выше 70 % комбикорм более гигроскопичен, что можно объяснить бóльшим содержанием в нем белка и минеральных веществ.

Таблица 73. **Сравнительные данные о равновесной влажности комбикорма для поросят-отъемышей при температуре 10 °С** (по Л. И. Карецкасу) **и зерна важнейших культур при температуре 12...25 °С** (по Кригеру)

Комбикорм и зерновые культуры	Равновесная влажность комбикорма (%) при относительной влажности воздуха, %							
	20	30	40	50	60	70	80	90
Комбикорм	8,5	9,6	10,2	11,0	12,4	15,0	19,2	23,7
Пшеница *	8,4	9,5	10,9	12,2	13,4	14,8	16,7	20,4
Овес	7,2	8,8	10,2	11,4	12,5	14,0	17,0	22,4
Кукуруза	7,9	9,3	10,7	11,9	13,1	14,6	16,5	20,7
Горох	7,0	8,6	10,3	11,9	13,5	15,0	17,1	22,0

* Равновесную влажность пшеницы определяли при температуре 20 °С.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА СТОЙКОСТЬ КОМБИКОРМОВ ПРИ ХРАНЕНИИ

Комбикорм — более сложный и трудный объект хранения, чем зерновая масса, мука или крупа. Это объясняется бо́льшим числом компонентов, входящих в состав комбикорма, и различными физическими, химическими, биологическими свойствами каждого из компонентов. Таким образом, возникает необходимость изучать изменения, происходящие как в каждом из компонентов комбикормов, т. е. в каждом виде сырья, так и в смеси, т .е. в комбикормах.

Длительное и неправильное хранение комбикормов ухудшает их качество, снижает питательную ценность и кормовые достоинства.

Стойкость комбикормов при хранении и продолжительность их хранения без заметного снижения питательной ценности зависят от следующих причин: качества исходного сырья и стойкости его при хранении; рецептуры и технологии приготовления; структуры, содержания влаги, факторов окружающей среды.

Чем больше в составе комбикормов менее стойких компонентов, содержащих много водорастворимых веществ, витаминов, тем в более короткие сроки могут снизиться их кормовые достоинства или даже начнется порча.

Установлено, что брикетированные или гранулированные комбикорма обычно обладают большей устойчивостью при хранении в сравнении с рассыпными. Одна из причин этого — пропаривание комбикорма в процессе гранулирования при температуре 83...90 °С. В связи с этим численность микрофлоры в них уменьшается во много раз.

Следует отметить, что горячее гранулирование обогащенных комбикормов разрушает некоторые витамины, ферменты и другие биологически активные вещества и вызывает изменения химического состава продукта. Поэтому горячее гранулирование обогащенных комбикормов нецелесообразно. Комбикормовой лабораторией ВНИИЗ установлено, что гранулирование с применением пара уже при температуре 60...70 °С разрушает витамин А на 30 %.

Пар хотя и является фактором, улучшающим качество гранул, не повышает, а в ряде случаев даже снижает питательную ценность комбикормов. Повысить питательную ценность гранулированных комбикормов и эффективность процесса прессования без применения пара можно, используя связующие вещества, например мелассу, гидрол, смесь мелассы и кукурузного экстракта в соотношении 1:1. Потери витамина А при производстве гранул с использованием соленого гидрола как связующего вещества составляют 8 % вместо 30 % при использовании пара.

Влажность и температура комбикормов — важнейшие факторы, определяющие их качество. Критическая влажность для различных комбикормов составляет 10... 14,5 %. При влажности выше критической начинается развитие микроорганизмов, насекомых и активизируются биохимические процессы. В условиях понижения температур и при влажности ниже критической сроки безопасного хранения комбикормов значительно удлиняются.

Комбикорма, обладая повышенной гигроскопичностью, могут существенно менять свою влажность. Особенно быстро этот процесс происходит в рассыпных комбикормах. Опыты, проводившиеся по хранению комбикормов для поросят-отъемышей, показали, что процесс сорбции или десорбции водяных паров идет наиболее интенсивно в течение первых трех суток и заканчивается на 10...14-е сутки (рис. 34). При хранении комбикормов

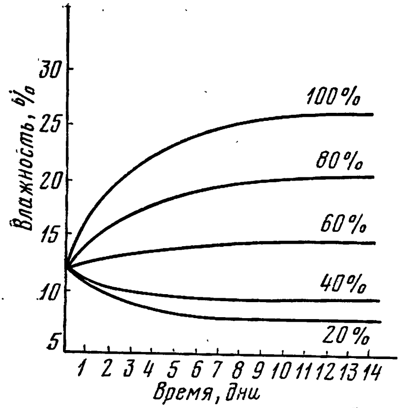

Рис. 34. Время установления равновесной влажности комбикормов при различной относительной влажности воздуха.

в складе или силосе процессы сорбции и десорбции наиболее интенсивно протекают в верхнем слое насыпи. Скорость проникновения влаги в насыпь зависит от гранулометрического состава комбикорма и его скважистости.

Изменение видового и количественного состава микрофлоры при хранении комбикормов. Микрофлора в комбикормах развивается значительно интенсивнее, чем в зерне, так как благодаря содержанию в нем большего количества питательных веществ он является исключительно благоприятной средой для развития плесневых грибов и бактерий.

В период хранения комбикормов количество микрофлоры быстро увеличивается, один видовой состав сменяется другим. Наибольшие изменения происходят при нарушении режимов хранения комбикормов.

При наличии достаточного количества влаги (на уровне критической и более и положительных температур выше 10 °С и особенно выше 20 °С) плесневые грибы быстро развиваются, выделяют много тепла и являются основной причиной самосогревания массы комбикормов. Установлено, что увеличение числа грибов, особенно в обогащенных комбикормах, происходит уже при относительной влажности воздуха 60 %. Наиболее благоприятна для развития грибов относительная влажность 90 %. Введение в комбикорма витаминов, аминокислот, солей микроэлементов и дрожжей интенсифицирует развитие *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*.

Среди встречающихся в комбикормах грибов можно обнаружить и токсические виды — продуценты опасных для здоровья животных метаболитов, имеющих большое значение при санитарно-гигиенической оценке качества комбикорма. Большая скважистость рассыпных комбикормов (56...58 %) и гранулированных (50...54 %) обе-

спечивает запас кислорода, необходимый для интенсивного развития аэробной грибной флоры.

В комбикормах размножаются как сапрофиты, так и патогенные виды аэробных и анаэробных бактерий. Поэтому иногда сырье растительного и животного происхождения, входящее в комбикорм, может служить источником распространения возбудителей различных заболеваний животных. При хранении комбикормов, содержащих белковые добавки, в условиях высокой температуры и влажности быстро размножаются патогенные бактерии группы *Salmonella*.

Л. И. Карецкас, Е. И. Кострова (1978) изучали изменение количественного и видового состава микрофлоры в комбикормах с различной влажностью при различных сроках хранения их в условиях разных температур. Исследования проводились на образцах рассыпного и гранулированного комбикорма для поросят-отъемышей, изготовленного по рецепту № 51-19. На опытное хранение были заложены комбикорма влажностью от 10 до 18 % при температурах 20, 10, 0 и —5 °С. Опытные образцы хранили насыпью в условиях, принятых в настоящее время в практике комбикормовых заводов (табл. 74).

Данные показывают, что интенсивное развитие микроорганизмов (грибов и бактерий) при повышении температуры и влажности начинается в более ранние сроки как в рассыпных, так и в гранулированных комбикормах. Как видно из таблицы, бактерий в рассыпных комбикормах во много раз больше, чем в гранулированных. Последнее объясняется действием высоких температур в процессе гранулирования. Комбикорм прогревается до 88—90 °С. Такие температуры губительны для большинства видов бактерий.

Представление о комплексном влиянии температуры и влажности комбикормов на развитие в них микрофлоры можно получить из данных таблицы 75. Эти данные убеждают, что существенной разницы в сроках наступления активного развития микроорганизмов у рассыпных и гранулированных комбикормов (в данном случае для поросят-отъемышей) не наблюдается, несмотря на резкое различие в численности микрофлоры.

Самосогревание комбикормов. Низкая тепло- и температуропроводность массы комбикормов способствует

Таблица 74. Численность микрофлоры в комбикорме для поросят-отъемышей в зависимости от сроков хранения, влажности и температуры (по Е. И. Костровой, Л. И. Карецкасу)

Влажность, %	Срок хранения, сут	Количество микроорганизмов в комбикормах, тыс. на 1 г: всего, в рассыпных	всего, в гранулированных	в том числе бактерий, в рассыпных	бактерий, в гранулированных	грибов, в рассыпных	грибов, в гранулированных
		Контроль					
—	—	383,0	33,4	360	30,0	23,0	3,4
		При температуре 20 °C					
18	4	2565,0	48,7	2540	45,0	25,3	3,74
16	10	2565,0	48,7	2540	45,0	25,3	3,74
14,5	30	2057,0	99,0	2000	82,5	57,5	16,5
13	35	2040,0	54,1	1620	40,5	40,0	13,6
12	70	1631,0	37,8	1620	28,5	11,5	9,35
10	120	580,0	9,0	576	9,0	4,5	—
		При температуре 10 °C					
18	7	1097,0	51,8	1080	42,0	17,0	9,8
16	25	1260,0	35,1	1224	30,0	36,8	5,1
14,5	50	1758,0	86,9	1710	75,0	48,3	11,9
13	60	1169,0	39,4	1116	34,5	29,0	5,4
12	75	1142,0	35,4	1080	30,0	26,9	4,9
10	120	182,0	7,5	180	7,5	20,3	—
		При температуре 0 °C					
18	20	1817,0	43,5	1800	37,5	17,0	6,0
16	35	1537,5	66,4	1503	60,0	34,5	6,4
14,5	55	1202,0	79,4	1170	67,5	32,0	11,9
13	65	1049,0	63,0	1026	60,0	23,0	3,4
12	80	969,0	48,4	960	45,0	9,2	3,0
10	120	923,0	13,5	90	13,5	2,9	—
		При температуре —5 °C					
18	55	2183,0	81,8	2160	75,0	23,0	6,8
16	80	1773,7	124,7	1746	120,0	27,7	4,7
14,5	120	797,0	69,1	774	64,0	23,0	5,1
13	120	647,0	39,2	630	33,0	17,1	6,2
12	120	553,0	17,9	540	15,0	13,8	2,9
10	120	114,9	0,1	108	—	6,9	0,1

Таблица 75. Сроки малоактивного развития микроорганизмов (в днях) в комбикормах в зависимости от их температуры и влажности (по Л. И. Карецкасу и Е. И. Костровой)

Влажность, %	Сроки малоактивного развития микрофлоры в комбикормах при температуре хранения, °С					
	рассыпных			гранулированных		
	20	10	0	20	10	0
18	4	6	12	4	6	14
16	8	18	22	9	20	26
14,5	24	30	40	25	36	46
13	30	45	60	32	53	68
12	36	60	75	38	68	85

быстрому развитию самосогревания и повышению температуры в греющихся очагах до 35...50 °С и выше.

Самосогревание комбикормов, представляющих собой сложную смесь различных растительных, животных и минеральных компонентов, мало изучено. В значительной мере это обусловлено тем, что в большинстве случаев комбикорма используют вскоре после их выработки.

Для выявления особенностей самосогревания комбикормов проводились наблюдения в производственных условиях. Так, например, в зимних условиях партия комбикормов влажностью 11,7 %, массой 111 т заложена на хранение в декабре насыпью размером 15,0 × 13,5 м и высотой 4,5 м. В период закладки температура воздуха снаружи склада была 1,3 °С, внутри склада 1,5 °С, комбикормов 13,3 °С. В процессе хранения наблюдались значительные изменения температуры воздуха и насыпи комбикормов, что видно из таблицы 76.

Данные таблицы показывают, что с 15 февраля на глубине 1,5 и 2 м наблюдается значительное повышение температуры в насыпи комбикормов (не связанное с изменением температуры воздуха), которое продолжалось все последующие дни. При определении температуры насыпи 22 февраля термометр на глубине 1,5 м показал 50 °С, а на глубине 2 м — 42 °С. Более детальные замеры температуры насыпи комбикормов показали, что очаг самосогревания располагается в центральной

Таблица 76. **Изменение температуры насыпи рассыпных комбикормов при хранении в зимний период**

Месяц, декада, дата	Температура воздуха в складе, °С	Температура насыпи комбикормов (°С) на глубине, м				
		0,2	0,5	1,0	1,5	2,0
Декабрь						
I декада	1,5	4,1	7,8	12,4	12,0	14,5
II »	—3,0	—	—	—	—	—
III »	—4,6	2,1	4,5	10,3	12,1	44,5
Январь						
I декада	4,9	—1,8	3,7	3,9	11,5	13,5
II »	—11,3	—5,4	1,4	6,7	11,6	13,1
III »	—3,8	—2,3	—0,6	6,7	10,9	12,8
Февраль						
I декада	0,0	—0,3	1,0	6,0	10,4	11,9
11 февраля	5,0	—2,5	0,7	5,2	9,2	12,7
12 »	—4,5	—1,2	0,5	5,0	9,2	12,7
14 »	—2,2	—1,0	0,2	5,7	12,5	15,0
15 »	—4,0	—1,2	1,0	5,7	16,2	21,7
17 »	—3,2	—2,0	0,2	7,5	25,5	27,7
19 »	—3,7	—1,2	2,7	7,5	32,0	31,2
21 »	—2,5	—1,0	0,2	10,5	37,5	35,7
22 »	—3,5	—1,2	1,6	8,5	50,0	42,0

части насыпи, имеет диаметр 1,6 м и высоту около 1,5 м. В дальнейшем самосогревание распространилось на всю партию комбикормов. В центре подвергнувшегося самосогреванию участка насыпи образовались комья комбикормов, в остальной части насыпи сыпучесть комбикормов также заметно снизилась.

Как видно из таблицы 77 и рисунка 35, в процессе хранения комбикормов, продолжавшегося всю весну и лето, наблюдалось значительное изменение температуры воздуха и насыпи комбикормов. В третьей декаде августа в насыпи комбикормов началось самосогревание. Уже 24 августа температура насыпи на глубине 0,2 м достигла 21 °С. В дальнейшем температура увеличивалась по всей насыпи.

В начале сентября возникло самосогревание насыпи, 10 сентября температура на глубине 0,5...1 м достигла 20...24 °С, а 16 сентября на той же глубине она повысилась до 37...38,4 °С, а на глубине 1,5 м — до 34 °С. Появился солодовый запах: 9 сентября на глубине 0,2—0,5 м, а 16 сентября во всех слоях греющегося участка.

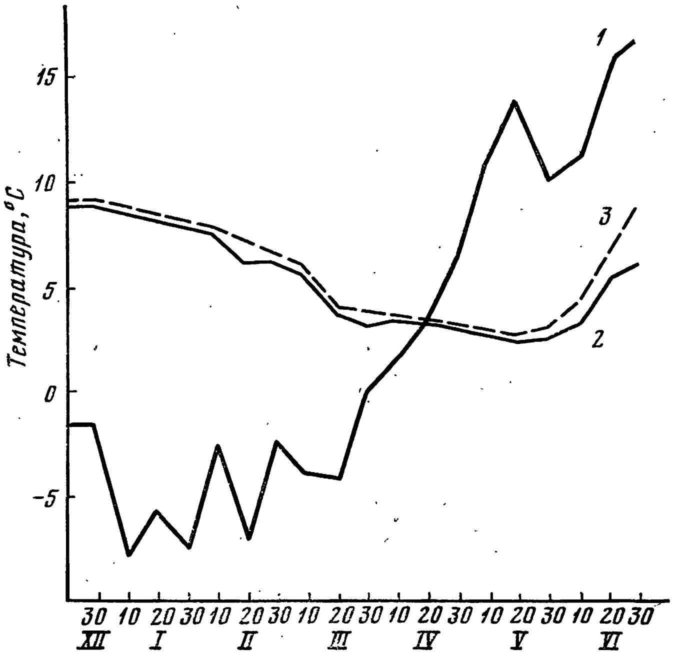

Рис. 35. Изменение температуры воздуха и насыпи комбикормов высотой 2,5 м в процессе хранения на глубине 2 м:
1 — температура воздуха; 2 — температура мучнистых комбикормов; 3 — температура гранулированных комбикормов.

Сначала в очаге самосогревания, а затем во всей партии наблюдалось развитие клещей, а на поверхности — гусеницы мельничной огневки и паутины. Снизилась сыпучесть комбикорма.

Изучался также характер и скорость самосогревания гранулированных комбикормов, а также гранул и их дробленых частиц (крошки). Партии гранулированных комбикормов влажностью 12,8 %, массой 113 т были заложены на хранение в декабре насыпью размером 15 × 15 м и высотой 3,8 м. В период закладки температура воздуха снаружи и внутри склада была 1,3 °С, комбикормов 11,1 °С. Анализ этой партии гранулированных комбикормов показал, что в центре насыпи имелось 25,2 % крошки, на расстоянии 0,5 м от центра — 20,3 %, 1 м — 14,7 %, 1,5 м — 9,8 %, 2 м — 6,6 % и на расстоянии 2,5 м — 2,2 %, что объясняется различной

Таблица 77. **Изменение температуры в насыпи рассыпных комбикормов при хранении в весенне-летний период**

Месяц, декада, дата	Температура воздуха в складе, °С	Температура насыпи комбикормов (°С) на глубине, м				
		0,2	0,5	1,0	1,5	2,0
Апрель						
I декада	—0,7	5,4	6,6	8,3	9,7	11,1
II »	—0,3	6,0	6,9	9,8	10,5	10,0
III »	5,7	9,9	9,3	9,8	10,2	10,8
Май						
I декада	6,3	10,9	10,0	9,6	9,4	8,6
II »	5,3	11,4	10,9	9,6	9,1	9,4
III »	3,8	10,0	9,9	9,4	8,9	9,3
Июнь						
I декада	10,5	13,4	11,8	9,9	10,3	10,3
II »	14,5	15,9	11,2	11,7	10,2	9,6
III »	13,1	17,5	15,2	12,9	11,2	11,1
Июль						
I декада	14,7	18,3	16,0	13,9	10,3	8,7
II »	12,3	16,4	15,9	12,8	10,3	9,1
III »	12,7	16,0	14,4	13,4	11,2	9,9
Август						
I декада	14,1	18,1	16,7	15,4	13,6	12,3
II »	13,1	18,4	17,3	15,2	12,5	8,3
III »	15,1	18,6	16,5	15,1	13,8	8,6
Сентябрь						
Температура греющегося участка						
10 сентября	8,5	—	20,0	24,2	19,0	—
13 »	11,5	—	35,0	39,0	35,6	—
15 »	10,5	—	38,3	36,8	34,2	—
16 »	11,7	—	38,4	37,0	34,2	—

скоростью витания частиц. Наличие такого количества крошки неизбежно должно было отразиться на условиях аэрирования центрального столба насыпи и близких к нему участков.

В процессе хранения гранулированных комбикормов в зимний период (с 1 декабря по 22 января) наблюдались значительные изменения температуры воздуха (от +1,3 до —13,5 °С) в насыпи комбикормов: на глубине 0,2 м от —1 до + 8,9 °С; 1 м — от 10,7 до 20,2 °С; 2 м — от 12,9 до 18,5 °С. 17 января температура на глубине 1 и 1,5 м повысилась до 20,2 и 36,0 °С, хотя температура воздуха в складе была —12 °С.

Данные об изменении температуры в насыпи грану-

лированных комбикормов в весенне-летний период представлены в таблице 78.

Таблица 78. **Изменение температуры в насыпи гранулированных комбикормов при хранении в весенне-летний период**

Месяц, декада, дата	Температура воздуха в складе, °С	Температура насыпи комбикормов, °С на глубине, м			
		0,2	0,5	1,0	1,5
Апрель					
I декада	—0,7	5,0	6,3	8,0	9,7
II »	—0,3	6,3	7,1	9,9	10,3
III »	5,7	10,1	9,2	9,3	9,9
Май					
I декада	6,3	10,9	9,8	8,4	8,1
II »	5,3	11,3	10,7	9,2	8,7
III »	3,8	9,9	9,5	9,1	8,6
Июнь					
I декада	10,5	13,4	11,1	9,9	9,7
II »	14,5	16,3	13,0	10,2	9,9
III »	13,1	18,3	14,9	10,0	9,3
Июль					
I декада	14,7	18,5	16,3	12,0	10,6
II »	12,3	16,8	15,8	13,0	10,8
III »	12,7	16,4	15,3	14,2	11,2
Август					
I декада	14,0	19,7	17,3	14,5	13,3
II »	13,1	19,7	17,4	14,8	12,6
III »	15,1	21,1	18,7	16,2	13,0
Сентябрь					
I декада	16,2	25,3	21,3	18,6	14,6
11 сентября	21,4	25,5	26,0	25,0	15,2
15 »	22,5	22,2	23,0	29,0	15,7
16 »	22,1	21,0	23,0	29,3	16,0

Анализ данных таблицы 78 показывает, что 16 сентября наблюдалось самосогревание всей верхней части насыпи комбикормов. В греющейся части насыпи появился солодовый запах, снизилась сыпучесть, наблюдалось развитие клещей.

Во всех наблюдаемых партиях самосогревание начиналось в верхней части насыпи и распространялось в нижние слои центральной части, а также в стороны от оси насыпи. Такой характер самосогревания связан с накоплением крошки гранулированных комбикормов по оси насыпи, что привело к снижению аэрации и температуропроводности этих участков. Самосогревание гранулированных комбикормов также сопровождалось по-

явлением солодового запаха, значительным развитием клещей и появлением некоторого количества мельничной огневки. Кроме того, наблюдалось образование комьев и снижение сыпучести.

Многие крупнейшие отечественные и зарубежные исследователи доказали ведущую роль микроорганизмов в возникновении и развитии процесса самосогревания зерновой массы. Причем установлено, что в больших количествах в согревшихся комбикормах находятся спорообразующие бактерии (картофельная и сенная палочка) и плесени *A. fumigatus, A. flavus* и другие, среди которых известны штаммы, образующие токсины (афлотоксины и др.).

Таким образом, при самосогревании комбикормов не только снижается их питательная ценность, но и возможно накопление токсичных веществ, опасных для здоровья животных, особенно молодняка.

Изменения состава микрофлоры при самосогревании рассыпных и гранулированных комбикормов приведены в таблице 79.

Анализ данных таблицы 79 показывает, что наиболее заметное накопление грибов родов *Aspergillus, Penicillium* и др. происходило при самосогревании на глубине 1,5...2 м, когда температура исследуемого участка насыпи достигала 32,5° и 33,1 °С. В дальнейшем по мере повышения температуры греющегося слоя до 40° и 50 °С число грибов вновь снижалось, и постепенно они исчезали полностью.

Исследования показали, что при равных условиях хранения самосогревание в насыпи гранулированного комбикорма наступило в среднем на 15...20 суток раньше, чем в рассыпном. Это можно объяснить большой концентрацией влаги на поверхности гранулированных комбикормов при перепадах температуры окружающего воздуха, в результате чего может быстрее образоваться очаг самосогревания гнездового характера.

Развитие насекомых и клещей в комбикормах. В самосогревании и порче комбикормов существенная роль принадлежит и вредителям хлебных запасов из мира клещей и насекомых. Все насекомые (мукоеды, точильщики, хрущаки и др.) могут успешно размножаться даже в комбикормах с низкой влажностью и в большинстве случаев в верхних участках насыпи (как рассыпных, так и гранулированных). Практически единствен-

Таблица 79. Изменение количественного и видового состава микрофлоры комбикормов при самосогревании
(по Л. И. Карецкасу и Е. И. Костровой)

Глубина отбора образцов из насыпи, м	Температура комбикормов в исследуемом слое, °С	Бактерии		Грибы	
		количество, тыс. на 1 г комбикормов	основной видовой состав	количество, тыс. на 1 г комбикормов	основной видовой состав
		Рассыпные комбикорма без самосогревания			
0,5	—0,7	1 000	*Pseudomonas*	20	*Penicillium*
1,0	6,0	1 200	»	20	*Penicillium, Rhizopus*
1,5	20,5	1 800	»	50	*Penicillium, Mucor*
2,0	14,0	880	»	16	То же
		Рассыпные комбикорма при самосогревании			
0,5	—	—	*Pseudomonas*	—	*Penicillium, Mucor*
1,0	18,5	2 800	»	100	То же
1,5	32,5	20 000	»	200	*Aspergillus, Penicilliu*
2,0	33,1	12 000	Спорообразующие типа *Bac mesentericus, Bac. subtilis*	104	*Aspergillus, Mucor*
		Гранулированные комбикорма без самосогревания			
0,5	6,5	700	*Pseudomonas* (кокки)	80	*Penicillium*
				100	*Penicillium, Mucor*
1,0	12,2	1 600	То же	80	*Penicillium, Mucor, Rhizopus*
1,5	11,7	1 600	»		
				40	*Penicillium, Mucor, Aspergillus*
2,0	13,2	1 200	»		
				20	*Penicillium, Mucor*
2,5	—	800	»	18	То же
3,0	—	400	»		
		Гранулированные комбикорма при самосогревании			
0,5	26,5	12 000	Спорообразующие типа *Bac. mesentericus*	180	*Aspergillus, Penicillium*
1,0	32,5	5 200	То же	130	То же
1,5	38,7	4 800	»	140	*Aspergillus*
2,0	20,2	2 000	»	80	*Aspergillus, Mucor*
2,5	—	1 000	Спорообразующие типа *Bac. mesentericus, Bac. subtilis*	80	То же
3,0	—	800	То же	60	»

ным фактором, ограничивающим их развитие в комбикормах, являются пониженные температуры (от +10 до +5 °С). При наличии благоприятных условий численность насекомых в комбикормах может за два-три месяца возрасти в 40...60 раз, приводя к большим потерям массы (до 28 %). Зараженность вредителями хлебных запасов в комбикормах для сельскохозяйственных животных и птицы, для пушных зверей, кроликов и нутрий допускается до пяти экземпляров в 1 кг продукции, для прудовых карповых рыб — десяти экземпляров.

Профилактические и истребительные меры борьбы с вредителями комбикормов проводят согласно инструкциям, имеющимся на каждом комбикормовом заводе.

Изменение химического состава и питательной ценности комбикормов. Химический состав и питательная ценность комбикормов в нормальных условиях хранения изменяются медленно, но при неблагоприятных условиях (повышенная влажность воздуха, температура и т. д.) усиливаются и могут послужить причиной ухудшения качества и кормовых достоинств комбикорма или его полной порчи.

При хранении комбикормов даже в условиях нормальной температуры и влажности воздуха наблюдаются изменения качества и потери питательных веществ, разрушается ряд витаминов и других биологически активных веществ (Н. К. Флоренская, И. И. Золубас и др.).

Во ВНИИКП изучалось изменение качества обогащенных комбикормов при хранении в течение трех-четырех месяцев в складах напольного типа насыпью и в таре в осенне-зимний и весенне-летний периоды в условиях Воронежской области. На хранение были заложены четыре партии комбикормов следующих рецептов: № 55-2 — комбикорм-концентрат для мясного откорма свиней; № 60-1 — комбикорм-концентрат для молочных коров; № 1-5 — комбикорм-концентрат для кур-несушек; № 111-3 — комбикорм для прудовых карповых рыб.

Все партии комбикормов в процессе хранения ежемесячно анализировали послойно по следующим показателям: запаху, влажности, pH, кислотности, содержанию сырого жира, сырого протеина, кислотному числу жира, содержанию витаминов B_2 и B_{12}. В течение трех-четырехмесячного хранения комбикормов вышеуказан-

ных рецептов в производственных складах напольного типа основные показатели качества (сырой протеин, белковый азот, сырой жир, клетчатка, зола) не изменились. Однако увеличилась кислотность комбикормов, возросло кислотное число жира. Активность витамина B_{12} (кормовая биомасса) снизилась до нуля к концу первого месяца хранения, уменьшилась активность витамина B_2.

В результате многочисленных исследований установили, что комбикорма влажностью до 13 %, обогащенные витаминами, микроэлементами, антибиотиками и другими биологически активными препаратами, следует хранить в производственных условиях не более трех недель со дня их выработки.

Рассыпные обогащенные комбикорма рекомендуют хранить насыпью высотой до 4 м, а в штабелях — высотой до 14 рядов мешков.

Большое значение имеют соли микроэлементов, вводимые в комбикорма. Известно, например, что сернокислые соли оказывают агрессивное действие на активность витаминов, ферментов, антибиотиков, незаменимых аминокислот (Н. К. Флоренская, Т. И. Фетисова, Л. Н. Седых, Р. Волынова и др.). Замена сернокислых солей на углекислые или органические, например глицерофосфатные, способствует лучшей сохранности питательных веществ комбикормов.

Сильно меняются химический состав и питательная ценность греющихся комбикормов. Как видно из таблицы 80, в комбикорме перед самосогреванием и тем более во время этого процесса ($t=31$ °C) уменьшается содержание сырого протеина, сырого жира, каротина, а следовательно, снижается его питательная ценность.

При этом накапливается аммиак, продукты окисления жиров и растет титруемая кислотность.

При сопоставлении изменений химических показателей, происходящих в насыпях рассыпных и гранулированных комбикормов, видно, что существенной разницы между ними нет.

Анализ материалов научных и практических опытов по хранению комбикормов наглядно показывает, каким серьезным и глубоким изменениям подвергается этот продукт при хранении в различных условиях.

Таблица 80. **Изменение химического состава рассыпных и гранулированных комбикормов перед началом и во время самосогревания** (по Л. И. Карецкасу)

Период определения	Продолжительность хранения, дней	Температура насыпи, °С	Влажность, %	Сырой протеин, %	Сырой жир, %	Аммиак, мг%	Каротин, мг/кг	Кислотность, град
Рассыпные комбикорма								
При закладке	0	9,0	12,9	22,7	4,1	8,2	10,2	3,2
Перед самосогреванием	145	16,5	12,2	20,3	3,2	25,8	2,8	6,0
Во время самосогревания	160	31,0	11,6	18,5	2,6	28,0	0,3	6,8
Гранулированные комбикорма								
При закладке	0	11,0	12,2	22,6	4,0	8,0	10,0	3,2
Перед самосогреванием	140	15,8	12,2	20,5	3,4	25,7	2,4	6,0
Во время самосогревания	155	27,7	12,0	19,7	2,0	28,4	1,9	7,6

РЕЖИМЫ И СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ КОМБИКОРМОВ

Основные мероприятия, обеспечивающие сохранение качества и питательной ценности комбикормов, следующие:

правильное размещение комбикормов, выполнение условий, предупреждающих слеживание комбикормов, приготовленных по различным рецептам;

систематическое наблюдение за состоянием комбикормов при хранении;

поддержание нормального состояния в складах и на территориях предприятий, содержание в должной чистоте всего оборудования, а также транспортных средств.

Комбикорма-концентраты необходимо хранить в сухих, чистых, не зараженных вредителями (паукообразными и насекомыми), хорошо проветриваемых складах и силосах. Комбикорм хранят насыпью и в таре, в виде брикетов и гранул.

Сроки хранения указаны в государственных стандартах на комбикорма: для рабочих лошадей — не более месяца; для откорма свиней — рассыпных не более двух месяцев, гранулированных не более трех месяцев; для кроликов и нутрий — не более двух месяцев и т. д. Важным считается более дифференцированное определение сроков хранения обогащенных комбикормов для других

видов животных, особенно молодняка раннего откорма, маток, рыб и др. Сроки хранения рассыпных, гранулированных и брикетированных комбикормов различны. Рассыпные комбикорма, особенно в силосах, значительно быстрее слеживаются и требуют побудительных устройств для их выпуска.

Срок хранения как рассыпных, так и гранулированных комбикормов предусмотрен не более двух месяцев со дня выработки. Исключение составляет хранение комбикормов для откорма животных на промышленных комплексах. В этом случае срок хранения комбикормов для выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота, свиней, а также птицы не должен превышать одного месяца со дня выработки.

Срок хранения комбикормов, предназначенных для отправки в районы Крайнего Севера и приравненные к ним районы, — шесть месяцев со дня выработки.

При хранении комбикормов свыше указанных сроков их должны проверять на токсичность не реже одного раза в месяц и не позднее десяти дней до их использования.

В стандарте указаны общие сроки хранения для всех видов комбикормов и не учтено влияние различных климатических условий (температуры, относительной влажности воздуха) на их сохранность.

Временной инструкцией по хранению комбикормов предусмотрено, что высота насыпи устанавливается на месте в каждом конкретном случае в зависимости от времени года, состава и вида комбикормов, сроков хранения, исходя из необходимости обеспечить полную сохранность качества и возможности контролировать их состояние во всех слоях насыпи.

По инструкции и государственному стандарту установлены следующие нормы высоты укладки рассыпных комбикормов в складах напольного типа: при влажности комбикормов не выше 13 % — 4 м; при влажности комбикормов выше 13 % — до 2,5 м.

Комбикорм в таре рекомендуется хранить в теплое время года (температура воздуха 10 °С и выше) в штабеле высотой не более 10...12 рядов; в холодное время (температура воздуха ниже 10 °С) — не более 13...14 рядов.

Во ВНИИКП, изучая влияние разных условий хранения на качество комбикормов для крупного рогатого

скота, свиней, птицы и рыб, пришли к выводу, что эти виды комбикормов можно хранить насыпью высотой до 4 м. Хранение должно быть организовано в сухих складах (относительная влажность воздуха в которых не превышает 70...75 %), не имеющих признаков заражения вредителями хлебных запасов. Увеличение высоты насыпи в хранилище для комбикормов обеспечивает экономию в складских помещениях.

Л. И. Карецкас и др. разработали примерные сроки стойкого хранения комбикормов для поросят-отъемышей (рецепт № 51-19), которые показывают, в течение какого времени можно хранить эти комбикорма при различных соотношениях температуры и влажности без заметного ухудшения их качества.

Данные, приведенные в таблице 81, показывают, что комбикорма влажностью до 10 % можно хранить без ухудшения качества при указанных температурах в течение 120 суток и более. Комбикорма влажностью от 12 до 14,5 %, предусмотренной в настоящее время стандартом, можно хранить без ухудшения качества от 30 до 60 суток в зависимости от температуры. Стойкое хранение при этой влажности наблюдается при отрицательных температурах. При влажности 16...18 %, или высокой скорости сорбции влаги, позволяющей комбикормам быстро достигнуть указанной влажности, что характерно для приморских районов, качество комбикормов ухудшается особенно быстро при температуре от 10 °С и выше.

Таблица 81. **Примерные сроки стойкого хранения комбикормов для поросят-отъемышей, сутки** (рецепт 51-19)

Температура, °С	Примерные сроки стойкого хранения при влажности, %					
	18	16	14,5	13	12	10
20	4	10	30	50	60	120
10	7	25	45	60	75	Свыше 120
0	20	35	55	65	80	То же
—5	55	80	120	Свыше 120	Свыше 120	

Для выявления специфичности комбикормов по стойкости их хранения в таблице 82 приводятся данные о примерных сроках безопасного хранения комбикормов для поросят-отъемышей (рецепт 51-19) и зерна куку-

Таблица 82. Примерные сроки стойкого хранения комбикормов для поросят-отъемышей по сравнению с зерном кукурузы, сутки

Влажность, %	Сроки безопасного хранения при температуре					
	комбикормов	зерна кукурузы	10 °С		20 °С	
			комбикормов	зерна кукурузы	комбикормов	зерна кукурузы
18	20	58	7	37	4	20
16	35	100	25	68	10	41

рузы, которое часто служит основным компонентом этих комбикормов.

Сравнение данных таблицы 82 показывает, что при одинаковых сочетаниях температуры и влажности качество комбикормов для поросят-отъемышей начинает ухудшаться значительно раньше, чем качество зерна кукурузы, т. е. комбикорма обладают меньшей стойкостью при хранении. Это легко объяснить, если учесть разницу в химическом составе комбикормов и зерна кукурузы. Необходимо подчеркнуть, что приведенные примерные сроки стойкого (безопасного) хранения определены в условиях, при которых не происходило заметного поражения плесневыми грибами, бактериями, значительного изменения химического состава и ухудшения запаха комбикормов.

Несомненно, что в течение тех же примерных сроков можно сохранить не только комбикорма для поросят-отъемышей, но и все остальные комбикорма, менее насыщенные белковой и жировой фракциями. Возможно, сроки хранения таких комбикормов будут несколько выше.

На основе всех данных, полученных при исследовании самосогревания и примерных сроков стойкого хранения, можно определить и величину так называемой критической влажности комбикормов. Известно, что критическая влажность зерна пшеницы, ржи, ячменя 14,5...15,0 %, зерна кукурузы 14 %, мясо-костной муки 8,7 %, люцерновой муки 14,9 %, муки из соевого жмыха (в зависимости от наличия белка) от 13,8 до 15,4 %. Критическая влажность комбикормов для поросят-отъемышей, изготовленных по рецепту № 51-19, равна 11 %. Эта влажность устанавливается при относительной влажности воздуха 80...85 %.

В связи с тем, что в производственных условиях, кроме исследованных значений температуры и влаж-

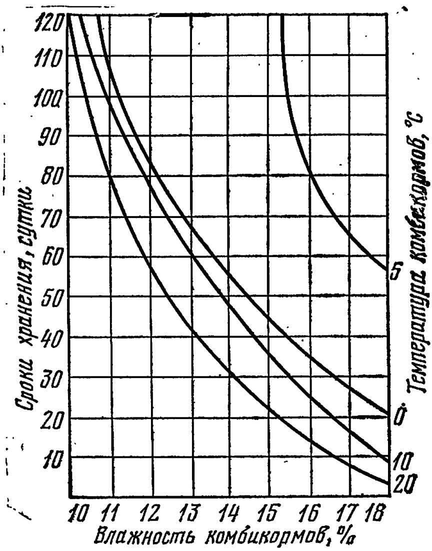

Рис. 36. Графическая схема для определения сроков стойкого хранения комбикормов.

ности, наблюдаются также и другие их сочетания. Л. И. Карецкас и М. Г. Голик разработали графическую схему для определения примерных сроков стойкого хранения комбикормов при различных сочетаниях температуры и влажности, которая показана на рисунке 36. Пользуясь графической схемой, можно определить примерные сроки стойкого хранения комбикормов для всех практически возможных в производственных условиях сочетаний температуры и влажности. Для этого от соответствующего показателя температуры хранения комбикормов, изображенного в правой стороне схемы, по кривой, идущей вверх и влево, находят точку пересечения с вертикальной линией, соответствующей влажности насыпи комбикормов. Проводя от этой точки горизонтальную линию, находят срок хранения.

Выявленные с помощью графической схемы примерные сроки безопасного хранения комбикормов проверялись в производственных условиях комбикормовых заводов. Проверка показала, что в течение найденных по графической схеме сроков ухудшения качества комбикормов не происходило — фактические сроки стойкого хранения были даже несколько большими.

Комбикорма, выработанные для животноводческих комплексов, при относительной влажности воздуха свыше 85 % и температуре воздуха свыше 25 °С рекомендуется хранить насыпью в складах напольного типа не более 15 суток, в силосах не более 10 суток. При других более благоприятных условиях внешней среды комбикорма можно хранить не более 30 суток во всех типах складов.

Казахский филиал ВНИИКП рекомендует комбикорм, содержащий жир животный кормовой в количестве до 3 %, хранить в складах силосного типа не более 10 суток, от 3 до 6 % — не более 4 суток.

В настоящее время намечается тенденция к более широкому использованию при хранении комбикормов силосов различных конструкций: железобетонных, металлических, из синтетических волокон и др.

Как известно, при хранении комбикормов и трудносыпучих компонентов в силосах по истечении времени происходят их слеживание и сводообразование, препятствующие нормальному выпуску продукта из силосов. На слеживание и сводообразование комбикормов и их компонентов большое влияние оказывают физико-механические свойства: характер поверхности и формы частиц, их гранулометрический состав, плотность, коэффициенты внутреннего трения и сцепления. Чтобы разрушить свод и обеспечить бесперебойное истечение комбикормов из силосов, на комбикормовых заводах применяют различные приспособления и устройства, в том числе установки для аэрации, в которой сжатый воздух подводится в силос через перфорированные трубы, расположенные в зоне сводообразования по внутреннему периметру силоса.

В практике работы зарубежных предприятий для хранения комбикормов наряду с металлическими силосами используют также железобетонные силосы с направляющим выступом и овальным днищем. В зоне выпускного отверстия силоса устанавливают дозатор или прикрепляют специальную выпускную воронку с рассекателем потока, вмонтированным внутри этой воронки над выпускным отверстием. Это значительно облегчает выпуск комбикормов и их компонентов.

КАЧЕСТВО КОМБИКОРМОВ

Комбикорма должны изготовляться из доброкачественного очищенного и измельченного кормового сырья по рецептам, предусматривающим такое сочетание компонентов, при котором наиболее эффективно используются содержащиеся в них питательные вещества.

Сырье, поставляемое для производства комбикормов, должно соответствовать действующим стандартам и техническим условиям.

В государственных стандартах предусмотрена оценка качества комбикорма по следующим показателям: внешнему виду, цвету, запаху, влажности, крупности размола, количеству кормовых единиц в 100 кг комбикорма или обменной энергии (для птицы) в 100 г комбикорма, содержанию сырого и переваримого протеина, сырой клетчатки, содержанию песка, металломагнитных примесей, вредных примесей (куколя, плевела опьяняющего, головни, горчака, вязеля, триходесмы седой, гелиотропа опущенноплодного), зараженности вредителями хлебных запасов и наличию целых семян культурных и дикорастущих растений.

Качество комбикормов зависит от качества перерабатываемого сырья, от правильности ведения технологического процесса очистки, измельчения и смешивания сырья.

Готовый комбикорм должен быть однородным по составу.

Цвет комбикормов зависит от состава входящих в него видов сырья. Запах комбикорма должен соответствовать набору входящих в него компонентов, плесенный запах не допускается.

При наличии в комбикорме рыбной муки он приобретает запах сушеной рыбы, мясо-костной — сухого мяса, травяной муки или сена — высушенной зеленой травы или сена.

Повышенная влажность уменьшает питательную ценность комбикормов, а при хранении способствует развитию плесневых грибов, бактерий, насекомых-вредителей, что ускоряет его порчу. Поэтому влажность комбикормов должна быть не выше 11...13 %.

Из посторонних примесей особенно следует обращать внимание на наличие в комбикорме песка, металломагнитных примесей и семян ядовитых растений.

В зависимости от вида комбикорма содержание песка допускается в пределах 0,3...0,,7 %, содержание металломагнитных примесей на 1 кг комбикорма: для поросят-сосунов не более 10 мг, для молодняка свиней не более 25 мг, для остальных животных не более 50 мг.

Наличие крупных металлических частиц с режущими краями не допускается.

Санитарно-гигиеническую оценку корма проводят органолептически по внешнему виду, запаху, цвету. Гранулированные комбикорма оцениваются также по кро-

шимости и набуханию. Повышенная набухаемость гранул может отрицательно сказаться на здоровье птицы; кроме того, такой комбикорм быстрее портится.

После месячного срока хранения обогащенные комбикорма и мельничные отходы подлежат санитарно-микологическому контролю независимо от органолептических показателей.

Не рекомендуется использовать в корм скоту заплесневелый комбикорм: токсикоз он может не вызвать, но способствует снижению привесов, тормозит рост и развитие животных.

При установлении любой степени токсичности не рекомендуется использовать комбикорм для кормления животных.

Комбикорм, пораженный грибами *A. fumigatus,* лучше использовать для кормления взрослой птицы.

Не рекомендуется скармливать животным комбикорм, зараженный сальмонеллами. При их обнаружении комбикорма подвергают горячей обработке (гранулированию) или экструдированию.

Сырье, поступающее для приготовления комбикормов, должно быть в чистой таре. Поэтому последнюю необходимо подвергать санитарной обработке. Санитарной обработке подлежат также транспорт и производственные помещения, предназначенные для хранения сырья и готовой продукции.

Необходимо вести систематическую борьбу с грызунами и дикими птицами, заселяющими склады и хранилища.

Все виды сырья животного происхождения, а также растительные протеиновые добавки (шроты, жмыхи) нужно подвергать бактериологическому исследованию.

Для улучшения качества сырья и снижения общего количества микробных клеток проводят специальную обработку в соответствии с Рекомендациями по обеззараживанию и обезвреживанию сырья и готовой продукции.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

Билай В. И. Основы общей микологии. — Киев: Высшая школа, 1974.

Валдман А. Р., Захарченко И. М. Мука из зеленых кормов. — М.: Колос, 1971.

Гудковский В. А., Семашко В. Я. Промышленное фруктохранилище с регулируемой газовой средой. — Холодильная техника, 1977, № 1.

Дарманьян П. М, Кротенко Л. М. Изменение химического состава комбикормов, обогащенных жиром, при хранении в производственных условиях. — М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1976. (Сер. Комбикормовая промышленность, вып. 1).

Карпавичюте В. Б., Голик М. Г., Фетисова Т. И. Влияние вида тары на качество рыбной муки при хранении. — Рыбное хозяйство, 1972, № 5.

Кичигин В. П. Технология и технохимический контроль производства растительных масел. — М.: Пищевая промышленность, 1976.

Комиссаров Н. П., Заикин В. П. Стабилизирующая активность солей сантохина и тиодипропионовой кислоты. — Химия в сельском хозяйстве, 1976, № 11.

Кнтехцян А. А. Изменение качества жиров комбикормов при хранении. — Труды ВНИИКП, 1975, вып. 10.

Кострова Е. И., Карпавичюте В. Б. Микрофлора рыбной муки. — Рыбное хозяйство, 1972, № 6.

Краснощекова В. В., Овсянникова А. С. К вопросу о самосогревании подсолнечного жмыха. —Труды ВНИИКП, 1974, вып. 9.

Кремптон Э. У., Харрис Л. Э. Практика кормления сельскохозяйственных животных. — М.: Колос, 1972.

Кретович В. Л. Основы биохимии растений. — М.: Высшая школа, 1971.

Крюков В. С., Оболенская М. Я. Окисленные жиры в кормовых средствах. — Сельское хозяйство, 1972, № 6.

Лесницкий В. Р. Эффективный способ хранения травяной муки. — Животноводство, 1977, № 8.

Маейр Р., Маевский В. О сроках хранения незернового сырья на комбикормовых предприятиях. — Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность, 1974, № 5.

Мурусидзе Д. Условия хранения и содержания каротина в травяной муке. — Корма, 1973, № 5.

Голик М. Г., Фетисова Т. И., Федорова Г. Ф. и др. Об изменении качества мясо-костной муки при длительном хранении. — Мясная индустрия СССР, 1976. № 9.

Пелевин А. Д., Иванов Б. В. Стабилизация витамина А в подсолнечном масле и животном жире. — Труды ВНИИКП, 1973, вып. 7.
Петропавловская Л. К, Краснощекова В. В. Микрофлора жмыхов и шротов и ее роль в процессе самосогревания. — Труды ВНИИКП, 1972, вып. 4.
Рогов М. С., Королева А. М. Качество травяной муки в зависимости от удобрения и срока уборки трав. — Химия в сельском хозяйстве, 1978, № 2.
Седых Л. Н., Лапшова Л. В. Ферментативная активность комбикормов при хранении их в различных условиях. — Труды ВНИИКП, 1972, вып. 4.
Седых Л. Н., Трупе А. П. Динамика биологически активных веществ при хранении премиксов. — Труды ВНИИКП, 1972, вып. 4.
Сенина З. И. Производство, применение и эффективность премиксов. — М.: Колос, 1976.
Соколов В. В., Седых Л. Н. Влияние процесса гранулирования на аминокислотный состав комбикормов. — Труды ВНИИКП, 1973, вып. 7.
Спесивцева Н. А., Хмелевский Б. Н. Санитария кормов. — М.: Колос, 1975.
Спруж Я. Изучение стабилизирующего действия антиокислителей на каротин травяной муки в производственных условиях. — Труды ВНИИКП, 1975, вып. 10.
Трисвятский Л. А. Хранение зерна. — М.: Колос, 1975.
Фабра С. Стабилизация травяной муки дилудином. — Птицеводство, 1975, № 8.
Федорова Г. Ф., Фетисова Т. И. Исследования влияния температуры на качество мясо-костной муки при хранении ее в газовой среде. М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1977. (Сер. Комбикормовая промышленность, вып. 1).
Федорова Г. Ф., Фетисова Т. И., Сницарь А. И. Гранулирование мясо-костной муки и изменение ее качества при хранении. — Мясная индустрия СССР, 1977, № 2.
Челнокова Е. Я. Исследование технологического процесса гранулирования белково-витаминных добавок (БВД). — М.: Колос, 1976.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов 3

Глава 1. **Общая характеристика компонентов комбикормов и способов их хранения** 5

Режимы и способы хранения комбикормового сырья 6

Комбикормовое сырье растительного происхождения 8

Зерно хлебных злаков и семена бобовых культур 8

Побочные продукты мукомольно-крупяной промышленности 13

Кормовые продукты масложировой промышленности 17

Травяная мука 23

Комбикормовое сырье животного происхождения 30

Кормовые дрожжи 36

Глава 2. **Технология хранения компонентов комбикормов в РГС** 38

РГС и способы их получения 39

Оборудование для получения РГС 41

Элеваторы с РГС 50

Комплекс оборудования с РГС на Таурагском хлебоприемном предприятии 58

Определение степени герметичности силосов . . 62

Технология формирования состава РГС . . . 62

Технология поддержания состава РГС . . . 67

Глава 3. **Хранение травяной муки** 79

Физические свойства травяной муки и их значение при ее хранении 79

Основные факторы, влияющие на изменение химического состава травяной муки при хранении 83

Применение антиокислителей для повышения сохранности травяной муки 93

Применение РГС для хранения травяной муки 96

Оценка качества травяной муки 105

Контроль за качеством травяной муки при хранении 106

Хранение гранулированной травяной муки в РГС в элеваторах с металлическими силосами . . 107

Глава 4. **Хранение комбикормового сырья животного происхождения** 109

Влияние условий хранения на качество комбикормового сырья животного происхождения . 109

Изменение физических свойств продуктов при хранении 111
Изменение химического состава и питательной ценности продуктов при хранении 114
Влияние влажности и температуры на стойкость рыбной муки при хранении 115
Влияние влажности и температуры на стойкость мясо-костной муки при хранении 120
Применение антиокислителей и консервантов для повышения стойкости комбикормового сырья животного происхождения при хранении . . 124
Применение РГС и искусственного холода при хранении комбикормового сырья животного происхождения 129
Изменение состава микрофлоры сырья при хранении 146
Режимы и способы хранения 149
Контроль за качеством продуктов при хранении 151
Глава 5. **Хранение белково-витаминных добавок и премиксов** 152
Белково-витаминные добавки (БВД) 152
Влияние влажности и температуры на качество БВД при хранении 167
Сроки и способы хранения БВД 171
Способы повышения стойкости БВД при хранении 172
Премиксы 183
Глава 6. **Хранение комбикормов** 187
Общая характеристика комбикормов 187
Влияние различных факторов окружающей среды на стойкость комбикормов при хранении . . 198
Режимы и способы хранения комбикормов . . 212
Качество комбикормов 217
Указатель литературы 220

Людас Ионович Карецкас,
Наталья Яковлевна Феста,
Тамара Ивановна Фетисова и др.

ХРАНЕНИЕ КОМБИКОРМОВ
И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Заведующий редакцией Л. М. Клейман
Редакторы А. В. Никитина, Н. П. Вейсберг
Художник В. М. Лукьянов
Художественный редактор Н. Ф. Шлезингер
Технический редактор Л. А. Бычкова
Корректор В. М. Русинова

ИБ № 1777

Сдано в набор 23.07.81. Подписано к печати 19.04.82.
Т-07177. Формат 84×108 1/32. Бумага тип. № 2.
Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 11,76. Усл. кр.-отт. 11,76. Уч.-изд. л. 12,94.
Изд. № 47. Тираж 10 000. Заказ № 408. Цена 1 р. 10 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство
«Колос». 107807, ГСП, Москва, Б-53,
ул. Садовая-Спасская, 18.

Типография им. Котлякова издательства «Финансы
и статистика» Государственного комитета СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
191023, Ленинград, Д-23, Садовая, 21.